



## A study on the improvement of rain detectors error status analysis and observation algorithm

Hwang, SungEun<sup>a\*</sup> · Kim, ByeongTaek<sup>b</sup> · Lee, YoungTae<sup>c</sup> · In, SoRa<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Researcher, Observation Research Department, National Institute of Meteorological sciences, Jeju, Korea

<sup>b</sup>Researcher, Observation Research Department, National Institute of Meteorological sciences, Jeju, Korea

<sup>c</sup>Researcher, Observation Research Department, National Institute of Meteorological sciences, Jeju, Korea

<sup>d</sup>Research Scientist, Observation Research Department, National Institute of Meteorological sciences, Jeju, Korea

Paper number: 24-037

Received: 3 July 2024; Revised: 6 August 2024; Accepted: 6 August 2024

### Abstract

We attempted to check the observation failure and error status of rain detectors for weather observation introduced and used in the 1980s and improve the collection and calculation algorithm of 1-minute rain detector data to enhance observation efficiency. Error status analysis revealed that among weather observation devices, rain detectors undergo manual quality control (MQC) the most frequently. It was determined that the precipitation recognition rate could be improved by refining the precipitation calculation algorithm. We examined and selected domestic and international rainfall detection algorithms and compared their precipitation recognition rates using random data. The algorithm that determined 'rainfall' when precipitation was measured at least once every 10 seconds showed the highest precipitation recognition rate. Although the algorithm tends to oversimulate precipitation, this can be improved through quality control of raw data. Based on the results of this study, it is believed that it can contribute to reducing the error rate and improving the accuracy of rain detectors.

**Keywords:** Rain detector, MQC, Algorithm

## 강우감지기 오류현황 분석 및 관측 알고리즘 개선 연구

황성은<sup>a\*</sup> · 김병택<sup>b</sup> · 이영태<sup>c</sup> · 인소라<sup>d</sup>

<sup>a</sup>국립기상과학원 관측연구부 연구원, <sup>b</sup>국립기상과학원 관측연구부 연구원, <sup>c</sup>국립기상과학원 관측연구부 연구원,

<sup>d</sup>국립기상과학원 관측연구부 연구사

### 요지

본 연구에서는 1980년대 도입되어 활용되고 있는 기상관측용 강우감지기의 관측 장애 및 오류 현황을 확인하고, 관측 효율 개선을 위해 강우감지기 1분 자료 수집, 산출 알고리즘 개선하고자 하였다. 오류 현황 분석 결과 강우감지기는 기상관측기 중 수동 품질관리를 가장 많이 시행되는 관측 장비로 이는 강수 산출 알고리즘 개선을 통해 강수 인식을 향상시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 국내외 강우감지기 알고리즘을 확인, 선별하여 임의의 자료로 강수 인식을 비교한 결과 10초 간격으로 강수를 측정 1회 이상 강수 측정 시 '강수'로 판별하는 알고리즘이 가장 높은 강수 인식을 보였다. 해당 알고리즘이 강수를 과대모의하는 경향이 있으나 이는 원시자료 품질관리를 통해 개선 가능할 것으로 판단된다. 본 연구 결과를 토대로 강우감지기 오류율 감소와 정확도 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어:** 강우감지기, 수동품질관리, 알고리즘

\*Corresponding Author. Tel: +82-64-780-6610  
E-mail: icewoolf@korea.kr (Hwang, Sung Eun)

### 1. 서론

기상청에서는 116개 지점의 종관기상관측장비(Automated synoptic Observing System, ASOS)와 564개 지점의 자동기상관측장비(Automatic Weather Station, AWS)에 국산 9종, 외산 1종의 정전용량식 또는 임피던스식 강우감지기를 운영하고 있다. 강우감지기는 1980년대에 자동기상관측장비와 같이 국내에 도입되어 활용되고 있으며, 기상관측 목적 외에도 스마트팜, 건축물의 창문 개폐, 차량 와이퍼 작동 등의 다양한 용도로 사용되고 있다.

강수현상의 유무는 기상 상황을 구분하는데 아주 중요한 기준이며, 강수현상을 판별하는 대표적인 관측기로는 강수량계와 강우감지기가 있다. 강수량계는 강수조 또는 버킷에 일정량의 강수가 모이는 것을 측정하는 관측기로 일 강수량과 시간 강수량 등의 정량적 강수현상 측정을 위해 활용하고 있으며, 강우감지기는 센서의 감지면에 강수현상 발생 유무를 확인하는 관측기로 수치모델의 성능평가와 AI를 이용한 모델 검증을 위한 보조관측기의 형태로 활용되고 있다. 강우감지기 종류로는 감지판 정전압 변화를 측정하는 정전용량식(Fig.1(a)), 감지판 회로 임피던스 수치 변화를 측정하는 임피던스식(Fig.1(b)), 유리돔 형태의 감지면에 맺힌 물방울의 굴절과 산란을 측정하는 돔형 광학식(Fig.1(c)), 레이저 또는 광

선 사이를 통과하는 수적을 측정하는 투과형 광학식(Figs.1(a) and 1(d)), 특정 주파수를 이용하여 수적의 크기와 낙하 속도를 측정하는 레이더식(Fig.1(f)), 감지면에 빗방울(수적)이 떨어지는 압력을 측정하는 감압식이 대표적이다(Fig. 1(e)).

현행 강수 측정 및 측기 개발 연구는 강수량계 위주로 수행되고 있어 강우감지기에 대한 연구는 미흡한 편이다. 확인된 강우감지기에 대한 연구는 관측 센서 연구와 관측 알고리즘 연구로 분류할 수 있다. 강우감지기 관측 센서 연구로는 정전용량식 강우감지기 감지판의 새로운 모양과 간격 개선 연구와 (Chen and Yu, 2018; Lee, 2016) 우적 크기에 따른 감지 민감도 향상 연구(Claassen and Halm, 1995; Paranjape and Paranjape, 1996; Marendić-Miljković *et al.*, 2000)로 감지기 구조와 형태 개선이 주로 이루어지고 있다. 관측 알고리즘은 1분 관측자료를 55초 수집하고 5초 동안 파일 생성과 저장하는 알고리즘과(Antonini *et al.*, 2022), 국제기상산업박람회(Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, TECO)에서 THIES-CLIMA사 광학 강우감지기 관측이 50초 동안 2개의 입자가 25초 동안 유지 시간에 따라 강수 유무를 판단한 알고리즘(Simone *et al.*, 2014)을 확인한 연구가 있다. 하지만 관측 알고리즘 연구는 측기 개발업체 또는 국가 규정으로 연구되어, 새로운 알고리즘 개발과 알고리즘 간 비교연구가 미흡한 편이다.

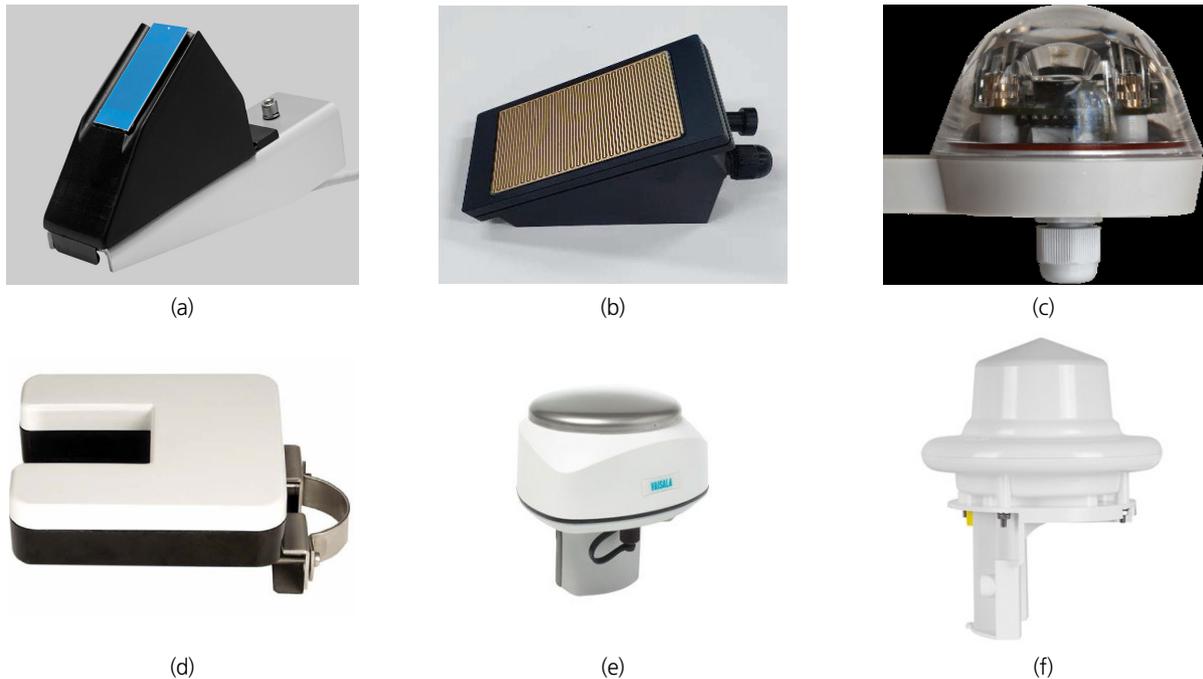


Fig. 1. Precipitation detector by observation method (a) Capacitive (b) Impedance (c) Optical (dome type) (d) Optical (transmissive type) (e) Pressure measurement (f) Radar (VAISALA, 2021; SEATECH, 2012; FIEDLER, 2017; THIES-CLIMA, 2014; VAISALA, 2020; LUFFT, 2015)

강우감지기 국내 규정으로는 기상청 자동기상관측장비의 표준규격 “임피던스 또는 정전용량 검출형으로서 15°~30° 경사를 갖는 5 mm 간격 이내 금박격자 감지면, 반응시간 1분 이내, 감지면 항온 유지, 서리 및 이슬 현상으로 인한 오류 방지, 비 또는 눈에 적용, 종료시 2분 이내 물기 제거”(KMA, 2019)가 있으며, 본 연구는 이를 기반으로 수행하였다. 국외 규정을 확인해 본 결과 국제기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에서 무게식 우량계를 강수량 측정 및 강우감지기로 사용하고 있어 국내와 같은 형태의 강우감지기에 대한 명확한 규정을 마련하고 있지 않으며(WMO, 2018), 미국(Campbell SCI.), 독일(Thies Clima, Lambrecht, Lufft, Eigenbridt), 핀란드(VAISALA) 등 강우감지기 제작 회사에서 마련한 자체 관측기준을 가지고 있음을 확인하였다(Simone *et al.*, 2014).

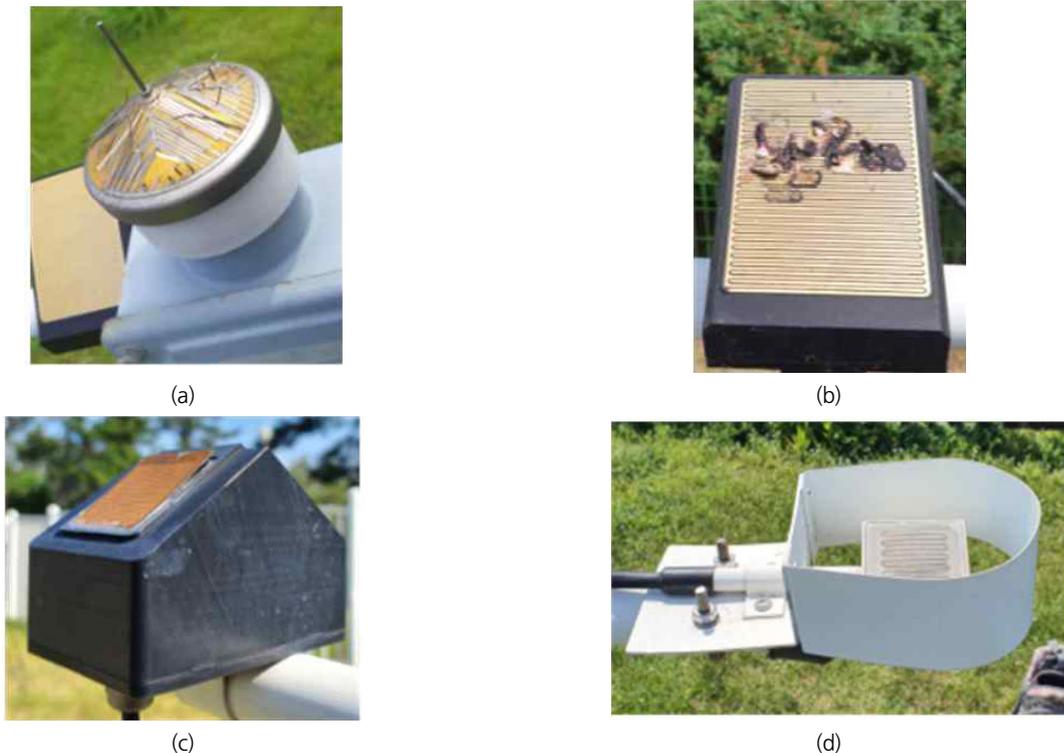
본 연구에서는 2021년부터 2023년까지 3년간 기상청 지상 관측장비(종관관측, 방재기상관측) 강우감지기에서 발생한 장애 유형을 확인하고, 현행 강우감지기 관측 알고리즘 개선안을 제안하고자 하였다.

## 2. 본론

### 2.1 강우감지기 오류 및 장애 현황

강우감지기는 비, 눈 등의 강수 현상 감지를 목적으로 기상청 표준규격 맞게 설계 제작되었으나, 외형, 구조, 히터 규격, 출력 요소 등은 제조사별 특성에 따라 다르다. 강우감지기에서 발생하는 장애유형은 크게 두 가지로 분류되는데 첫 번째는 기상 조건에 관련된 히터작동에 관련 오류로 환절기에 겨울에 의한 히터작동 전 강수 감지, 짙은 안개 발생 시 히터작동 전 강수 감지, 폭우 시 지속적인 히터작동으로 인한 강수 미감지, 약한 강설 시 강수 미감지 등이 있다. 두 번째로는 장비 불량과 관련된 오류로 침수로 인한 미작동, 감지면 부식으로 인한 미작동, 히터 미작동으로 인한 강수 오인관측 등이 있다. 장비 불량으로 인한 방수, 방진과 내구성이 우수한 소재, 부품 사용, 더 민감한 작동 센서 등으로 장비 개선의 여지가 있으나, 불량을 줄이기 위해서는 꼼꼼하고 지속적인 관리가 필요한 것으로 판단된다(Fig. 2).

기상청 AWS 관측자료는 실시간 품질관리 모듈을 통해 1차 오류를 확인하고, 2차 수동 품질관리(MQC)를 수행하여 자료의 품질을 높인다. 이때 2차 수동 품질관리 단계에서는



**Fig. 2.** Precipitation detector error case (a) Damage to the sensing surface (b) Sensing surface contamination (c) Inundation due to damage to the sensing surface (d) Condensation due to heater failure

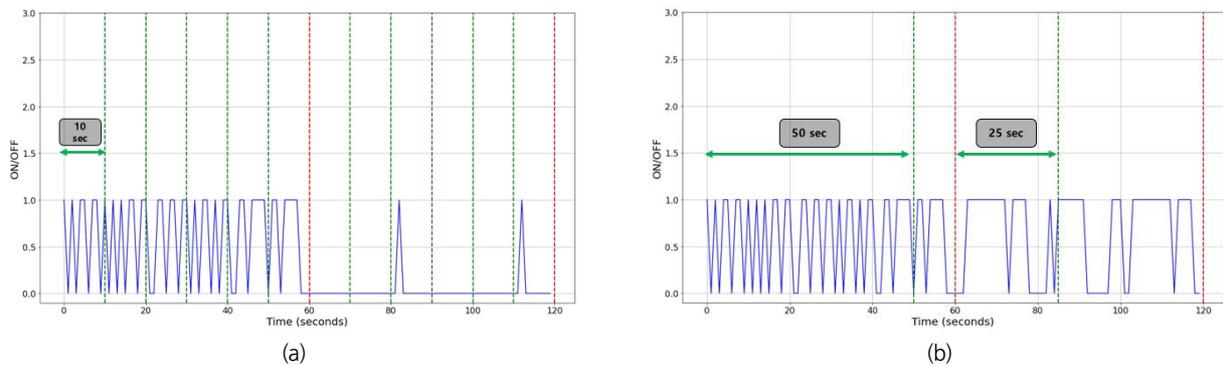


Fig. 3. Improvement 1 minute data collection algorithm graph (a) Case 2 (b) Case 3

오류로 보고된 결과를 담당자가 육안으로 확인하여 비정기적 품질 관리한다(Lee and Lee, 2018). 2021년부터 2023년 3년간 강우감지기의 수동 품질관리(Manual Quality Control, MQC) 결과 강우감지기 감지면 인식 오류가 가장 많았고, 그 다음으로 오염에 의한 장애로 확인되었다. 즉, 강우감지기의 수동 품질관리 주요 원인이 감지면 인식 불량으로 알 수 있고, 이를 해결하기 위해서는 관측자료 산출 알고리즘의 개선이 필요함을 인식하였다.

## 2.2 강우감지기 관측 알고리즘 개선 연구

국내 강우감지기 대부분 1분 자료 산출 방법은 관측자료를 수집 시점(1분 정각)에 강수가 감지 되면 강수가 있는 것으로 표출하는 방식을 사용하는 것에 기인하는 것으로 이러한 알고리즘 때문에 59초 동안 감지면이 젖어있었다더라도 강수가 인식되는 1초 동안 감지면이 말라있으면 강수가 아닌 것으로 인식, 반대로 59초 동안 말라 있다가도 강수가 인식되는 1초에 젖게 되면 강수로 인식되어 실제 강수현상과 차이가 생기는 오류(1분 정각 자료 표출오류)가 발생하게 된다. 이를 개선하기 위해 해외 1분 관측 알고리즘을 조사하였다. 해외 강우감지기 1분 자료 산출 방법은 크게 두 가지 알고리즘으로 55초 수집하고 5초 동안 파일 생성과 저장하는 알고리즘과 10초 간격으로 자료를 수집하여 1회 이상 강수가 감지되면 강수가 있는 것으로 자료를 산출하는 방식이 확인되었다. 이외에 광학식 강우감지기 경우 50초 동안 2개의 강수 입자가 25초 유지하는 것으로 강수 유무를 판단하는 방식이 확인되었다.

알고리즘 개선을 위해 관측자료를 기반하여 다양한 상황을 가정한 임의의 1시간 강수 자료(10초 간격)를 활용하여 각 알고리즘 간 강수인식률을 비교하였다. 사용된 알고리즘은 현재 국내에서 사용 중인 1분 정각의 강수 유무를 판단하는 방식(1), 해외 제조사에서 사용 중인 10초 관측자료를 이용하여 1분 강수 유무를 판단하는 방식(2), 광학식 강수량계 방식

을 인용하여 1분 내에 20초 이상 연속으로 강수가 있으면 강수 유무를 판단하는 방식(3) 총 3가지이다. 강수인식률 비교 결과 알고리즘 1에서는 앞서 제시한 1분 정각자료 표출오류 문제점이 동일하게 나타났으며, 1시간 총 60회 중 강수 24회(40%), 비강수 36회(60%)로 가장 낮은 강수인식율을 보였다. 알고리즘 2는 강수 55회(91.7%) 비강수 5회(8.3%)로 가장 높은 강수 인식률을 보였다. 알고리즘 3은 강수 31회(51.7%) 비강수 29회(48.3%)로 나타났다. 알고리즘 2와 알고리즘 3 모두 알고리즘 1에서 발생한 1분 정각 관측에 대한 문제점을 해결할 수 있으며, 강수인식율이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 알고리즘 3의 경우 강수 인식 후 강수가 약하거나 히터의 영향으로 강수가 없는 것으로 판단하는 문제점을 보였다(Fig. 3(b)). 이는 알고리즘 3은 광학식에 맞추어 개발된 알고리즘으로 국내에서 사용 중인 정전용량식이나 임피던스 방식에 적용은 관측 방식의 차이가 있어 적합하지 않은 것으로 사료되었다. 알고리즘 2는 강수현상과 과대 관측하는 문제점이 있으나(Fig. 3(a)), 이는 원시자료를 수집하여 지속성검사와 증양값 필터검사 등의 품질관리(Quality Control, QC)를 적용하여 오류 제어가 가능한 것으로 판단되었다.

## 3. 결론 및 제언

본 연구에서는 기상청에서 운영 중인 관측장비 품질관리 발생 빈도를 확인 결과 강우감지기의 MQC가 가장 빈번한 것으로 나타났다. 이를 통해 관측자료 알고리즘 개선으로 강우감지기 관측자료 품질관리 빈도와 강수인식 오류율 감소가 가능할 것으로 판단되었다. 또한 현행 관측 알고리즘에서는 1분 정각 자료표출 오류가 있어 강수인식율에 문제가 있는 것을 확인하여, 국내·외 관측자료 산출 알고리즘을 확인하고 임의의 강수 사례에 적용하여 강수인식율을 비교하였다. 그 결

과 10초 간격으로 강수를 측정하여 10초 동안 1회 이상 강수 측정 시 ‘강수’로 판별하는 알고리즘이 강수인식율이 가장 높게 나타났으며, 해당 알고리즘에 원시자료 수집을 통한 관측 자료 품질관리(물리한계검사, 지속성검사 등)가 이루어지면 현행 사용 중인 알고리즘에서 발생하는 1분 정각 데이터 표출 오류 개선 및 보다 정확한 강수현상 관측이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구 결과를 토대로 알고리즘 개선 시 강우감지기 오류율 감소와 강수인식율 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

추후 강우감지기를 노장에 설치하여 고해상도(1초 이하) 실 관측자료를 본 연구에서 개선 제안한 알고리즘에 적용하여 발생하는 문제점을 확인하고 다양한 관측방식의 강우감지기의 강수인식율 비교 실험을 계획하고 있다. 강우감지는 기상 관측뿐 아니라 다양한 산업 분야에서 사용되고 있는 만큼 강우감지기의 정확도 향상을 위해 감지 방법의 다양화와 감지 형태 변경 및 추가, 히터 개선 등 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 기상청 국립기상과학원 「국가 기상관측장비 및 관측자료 표준화(KMA2018-00221)」 사업의 지원으로 수행되었습니다.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

- Antonini, A., Melani, S., Mazza, A., Baldini, L., Adirosi, E., and Ortolani, A. (2022). “Development and calibration of a low-cost, piezoelectric rainfall sensor through machine learning.” *Sensors*, Vol. 22 No. 17, 6638.
- Chen, P., and Yu, Q. (2018). “Proximity capacitance array sensor based on data aggregation strategy for rainfall detection.” *Sensors & Materials*, MYU Tokyo, Vol. 30, No. 5. pp. 957-977.
- Claassen, H.C., and Halm, D.R. (1995). “Performance characteristics of an automated wet deposition collector and possible effect on computed annual deposition.” *Atmospheric Environment*, Great Britain, Vol. 29, No. 9, pp. 1021-1026.
- FIEDLER (2017). RG-11, accessed 29 May 2024, <<https://www.fiedler.company/en/products/meteorological-stations-and-measuring-sensors/rain-gauges/rg-11-optical-rain-gauge>>.
- Korea Meteorological Administration (KMA) (2019). *Standard specification of automatic weather observation equipment*. Meteorological Blueprint, No. 2019-9, p. 24.
- Lee, J.W., and Lee, E.H. (2018). “Evaluation of daily precipitation estimate from integrated multisatellite retrievals for GPM (IMERG) data over South Korea and East Asia.” *Atmosphere*, Vol. 28, No. 3, pp. 273-289.
- Lee, Y.M. (2016). “The design of the rain sensor using a coaxial cavity resonator.” *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 58, No. 1, pp. 128-133.
- LUFFT (2015). WS100, accessed 29 May 2024, <<https://www.otthydromet.com/en/p-lufft-ws100-radar-precipitation-sensor/8367.U04>>.
- Marendić-Miljković, J., Tasić, M., Rajšić, S., and Vukmirović, Z. (2000). “Precipitation onset detection with a rain sensor of improved sensitivity.” *Atmospheric Environment*, Vol. 34, No. 29-30, pp. 5175-5181.
- Paranjape, B.V., and Paranjape, M.B. (1996). “The deformation of bubbles and drops in immiscible fluids.” *Physics and Chemistry of Liquids*, Vol. 31, No. 2, pp. 83-88.
- SEATECH (2012). PRT0100, accessed 29 May 2024, <<https://www.sea-tech.kr/seatech/prod/PRT0100View.do>>.
- Simone, G., Manfred, T., Karsten, S., and Eckhard, L. (2014). “Field intercomparison and laboratory tests of precipitation detectors.” *WMO TECO-2014(Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation)*, Saint Petersburg, Russian, p. 13.
- THIES-CLIMA (2014). 5.4103.20, accessed 29 May 2024, <<https://www.thiesclima.com/en/Products/Precipitation-measuring-technology-Electrical-devices/?art=791>>.
- VAISALA (2020). WXT530, accessed 29 May 2024, <<https://www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/weather-transmitter-wxt530-series>>.
- VAISALA (2021). DRD11a, accessed 29 May 2024, <<https://www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/rain-detector-drd11a>>.
- World Meteorological Organization (WMO) (2018). *No.8-CIMO guide*. Geneva, Swiss, Vol. 1. pp. 214-245.