



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월05일
(11) 등록번호 10-1954570
(24) 등록일자 2019년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) G01W 1/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G01W 1/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0015634
(22) 출원일자 2018년02월08일
심사청구일자 2018년02월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR101651747 B
KR101636897 B1*
KR101651747 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
배덕효
서울특별시 송파구 오금로35길 17, 31동 704호(오금동, 현대아파트)
소재민
서울특별시 광진구 능동로25길 44-11(군자동)
(74) 대리인
유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 김일환

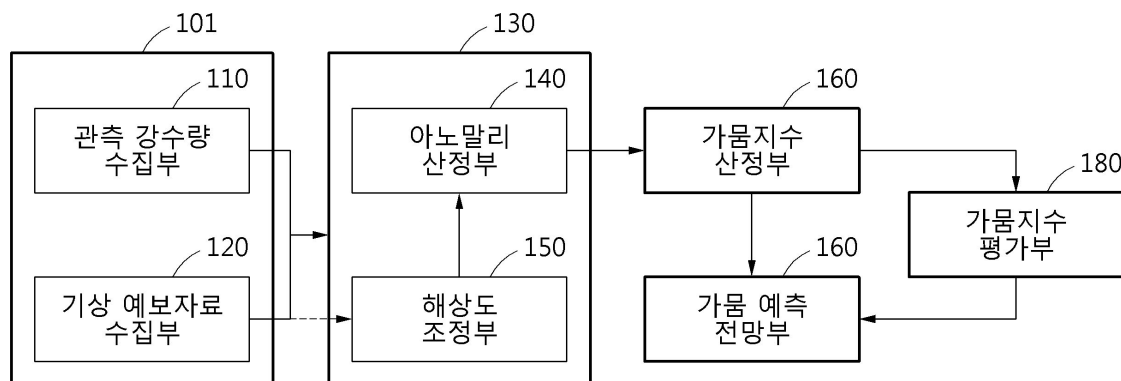
(54) 발명의 명칭 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템은, 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 기상 데이터 수집부; 상기 기상예보자료의 공간 해상도를 조정하고 예보선행시간에 따른 아노말리를 산정하는 가뭄지수 입력자료 구축부; 및 상기 예보선행시간에 대한 지속기간별로 가뭄지수를 산정하는 가뭄지수 산정부;를 포함할 수 있다.

대표도

100



(52) CPC특허분류

G01W 2201/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1365002531

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업진흥원

연구사업명 기상·지진See-At기술개발연구

연구과제명 가뭄정보의 통합 및 공동 활용기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2017.05.01 ~ 2018.04.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 기상 데이터 수집부;

상기 기상예보자료의 공간 해상도를 조정하고 예보선행시간에 따른 아노말리를 산정하는 가뭄지수 입력자료 구축부; 및

상기 예보선행시간에 대한 지속기간별로 가뭄지수를 산정하는 가뭄지수 산정부;

를 포함하고,

상기 기상 데이터 수집부는 상기 관측 강수량을 수집하는 관측 강수량 수집부 및 상기 기상예보자료를 수집하는 기상예보자료 수집부를 포함하되 상기 관측 강수량 수집부는 관측 지점에 설치된 종관기상관측장비로부터 관측 강수량을 수집하고 상기 기상예보자료 수집부는 기상관측모델(GloSea5)로부터 기상예보자료를 수집하며,

상기 가뭄지수 입력자료 구축부는 상기 종관기상관측장비가 설치된 관측 지점에 대해서 기상관측모델로부터 수집한 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행하는 해상도 조정부 및 기상관측모델에서 수집한 상기 기상예보자료 중 미래예측자료에 대해 예보선행시간에 따른 아노말리를 산정하는 아노말리 산정부를 포함하고,

상기 가뭄지수 산정부는 상기 아노말리에 과거 30년 동안의 관측강수량의 평균값을 결합하여 복수개의 지속기간에 대한 가뭄지수 입력 자료를 구축하되 하기 수학식(1) 내지 (3)에 의해 가뭄지수 중 표준강수지수(SPI) 입력 자료를 구축하는, 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템.

$$\text{Anomaly}_{ij} = \overline{\text{FCST_P}_{e(i,j)}} - \overline{\text{HCST_P}_{e(i,j)}} \quad (1)$$

$$\text{PP}_{ij} = \overline{\text{HP}_{ij}} + \text{Anomaly}_{ij} \quad (2)$$

$$\text{Input_SPI}_{ij}(n) = \sum_{k=-(n-j)}^0 \text{HP}_{i,k} + \sum_{k=0}^0 \text{PP}_{i,k} \quad (3)$$

(여기서, Anomaly_{ij} 는 아노말리, $\overline{\text{HCST_P}_{e(i,j)}}$ 는 기상관측모델(GloSea5)의 과거재현자료의 양상블 멤버 평균값,

$\overline{\text{FCST_P}_{e(i,j)}}$ 는 예보된 미래예측자료의 양상블 멤버 평균값, i 는 특정 월, j 는 예보선행시간 1~6개월,

PP_{ij} 는 최종 예측강수량, $\overline{\text{HP}_{ij}}$ 는 과거 30년 관측강수량의 평균값, $\text{Input_SPI}_{ij}(n)$ 은 가뭄지수(SPI) 입력자료, n 은 가뭄지수(SPI)의 지속기간 3,6,9,12개월, HP 는 과거 관측강수량, PP 는 예측강수량이다.)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 해상도 조정부는 내삽 기법을 이용하여 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 가뭄지수 산정부는,

특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템.

청구항 7

제1항, 제4항 및 제6항 중 어느 한 항에 따른 시스템에 의한 가뭄 전망 정보 산정 방법에 있어서,

상기 관측 강수량 수집부 및 상기 기상예보자료 수집부에 의해 각각 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 단계;

상기 해상도 조정부에 의해 상기 기상예보자료에 대한 해상도를 조정하는 단계;

상기 아노말리 산정부에 의해 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계;

상기 가뭄지수 입력자료 구축부에 의해 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계; 및

상기 가뭄지수 산정부에 의해 가뭄지수 중 표준강수지수(SPI)를 산정하는 단계;를 포함하며,

상기 가뭄지수를 산정하는 단계에서는 가뭄지수의 다양한 지속기간에 대해서 가뭄지수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 기상예보자료에 대한 해상도를 조정하는 단계에서는,

상기 해상도 조정부에 의해, 기상관측모델로부터 수집한 상기 기상예보자료를 내삽 기법에 의해 상기 관측 강수량을 수집하는 중관기상관측장비가 설치된 관측 지점에 대해서 공간적 상세화를 수행하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계에서는,

상기 아노말리 산정부에 의해, 기상관측모델(GloSea5)에서 수집한 상기 기상예보자료 중 미래예측자료에 대해 예보선행시간에 따른 아노말리를 산정하되 예보선행시간에 따른 복수개의 미래예측자료로부터 1개의 미래예측데이터를 추출하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계에서는,

상기 아노말리 산정부에 의해, 기상관측모델(GloSea5)의 과거재현자료와 미래예측자료의 편차로부터 아노말리를 산정하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계에서는,

상기 가뭄지수 입력자료 구축부에 의해, 산정된 아노말리를 과거 관측강수량과 결합하여 다양한 지속기간에 대한 가뭄지수의 입력자료를 구축하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 가뭄지수를 산정하는 단계에서는,

상기 가뭄지수 산정부에 의해, 특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기상예보자료 기반의 3개월 이상 장기 가뭄 전망 정보를 산정할 수 있는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가뭄은 강수량 부족에 따른 물수지 불균형 현상으로서, 장기간 넓은 지역에서 발생한다. 따라서 가뭄을 감지하더라도 구체적인 발생 시기, 장소 및 원인을 규명하는 것이 어려우며, 장기간 지속될 경우 물부족 발생과 인명 및 재산피해를 초래하는 경우가 있다.

[0003] 일반적으로 가뭄은 강수량 부족에서 시작되어 토양수분, 하천유량에 영향을 미치며, 가뭄발생 원인에 따라 기상학적, 농업적, 수문학적 가뭄으로 정의하고 있다. 기상학적 가뭄은 농업적 및 수문학적 가뭄에 영향을 미치므로 가뭄을 판단하는데 있어 중요한 요소라 할 수 있다. 기상학적 가뭄을 정량적으로 판단하기 위해 SPI (Standardized Precipitation Index), PDSI (Palmer Drought Severity Index), PN (Percentile Normal) 등의 가뭄지수가 활용되고 있으며, 특히 강수량 기반의 SPI는 계산과정이 쉽고, 다양한 지속기간(3, 6, 9, 12개월 등)에 따라 객관적으로 가뭄을 판단할 수 있어 가장 활발하게 이용되고 있다.

[0004] 가뭄은 홍수와 달리 통상 장기간에 걸쳐 광범위하게 발생하는 특징이 있어 이를 사전에 감지할 수 있다면 피해를 최소화하는데 시간적인 여유가 있다. 가뭄관리 선진국들은 가뭄전망을 위한 다양한 기술들을 개발해 왔다. 가뭄전망은 통계적(statistical) 방법 및 물리적(dynamic) 방법으로 구분된다.

[0005] 통계적 기반의 가뭄전망 기법은 과거 기상 현상들이 미래에도 재현될 수 있다는 전제하에 미래 가뭄상황을 예측하는 방법으로서, 다양한 통계모델을 이용한다. 그러나 이 방법은 예측된 결과들이 과거의 경향에 국한됨에 따

라 최근 급변하는 수문기상 현상을 고려하는데 한계가 있다.

- [0006] 물리적 기반의 가뭄전망 기법은 초기 기상조건으로부터 역학적 알고리즘이 탑재된 기후모델을 통해 미래 기상현상을 예측함으로써 가뭄상황을 전망하는 방법이다. 통계적 방법과는 달리 물순환 변화의 예측이 가능하다는 장점이 있어 그 동안 많은 연구가 진행되어 왔다.
- [0007] 국내의 경우 기상청, 국토교통부, 농림축산식품부 등 가뭄유관 부처에서는 가뭄예경보 운영 체계를 마련하여 기관별 고유 목적에 맞는 가뭄정보를 생산 및 제공하고 있다. 가뭄예경보는, 현재 가뭄상황을 판단하고 향후 3개월 내 예상되는 가뭄 및 용수 부족상황을 제공함으로써 가뭄에 선제적으로 대응하고 피해를 최소화하는데 노력하고 있다.
- [0008] 다만, 국내에서는 단기가뭄(1~3개월)이 빈번하게 발생함에 따라 짧은 예보선행시간의 가뭄전망에 대한 평가에 집중되어 왔다. 그런데, 2014, 2015년에는 이례적으로 2년 연속 가뭄이 지속된 바 있으며, 장기가뭄(3개월 이상)에 대한 전망 정보의 필요성이 증가하고 있다.
- [0009] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명을 제안하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1718294호(2017.03.22.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 기상예보자료 기반의 3개월 이상 장기 가뭄전망 정보를 획득할 수 있는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템은, 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 기상 데이터 수집부; 상기 기상예보자료의 공간 해상도를 조정하고 예보선행시간에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하는 가뭄지수 입력자료 구축부; 및 상기 예보선행시간에 대한 지속기간별로 가뭄지수를 산정하는 가뭄지수 산정부;를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 기상 데이터 수집부는 상기 관측 강수량을 수집하는 관측 강수량 수집부 및 상기 기상예보자료를 수집하는 기상예보자료 수집부를 포함하며, 상기 관측 강수량 수집부는 관측 지점에 설치된 종관기상관측장비로부터 관측 강수량을 수집하고, 상기 기상예보자료 수집부는 기상관측모델로부터 기상예보자료를 수집할 수 있다.
- [0014] 상기 가뭄지수 입력자료 구축부는, 상기 종관기상관측장비가 설치된 관측 지점에 대해서 기상관측모델로부터 수집한 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행하는 해상도 조정부; 및 기상관측모델에서 수집한 상기 기상예보자료 중 미래예측자료에 대해 예보선행시간에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하는 아노말리 산정부를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 해상도 조정부는 내삽 기법을 이용하여 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행할 수 있다.
- [0016] 상기 가뭄지수 산정부는 과거 관측강수량과 상기 아노말리를 결합하여 복수개의 지속기간에 대한 가뭄지수를 산정할 수 있다.
- [0017] 상기 가뭄지수 산정부는, 특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정할 수 있다.
- [0018] 한편, 발명의 다른 분야에 따르면, 본 발명은 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템에 의한 가뭄전망 정보 산정 방법에 있어서, 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 단계; 상기 기상예보자료에 대한 해상도를 조정하는 단계; 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계; 지속기간에 대한 가뭄지수

입력자료를 구축하는 단계; 및 가뭄지수를 산정하는 단계;를 포함하며, 상기 가뭄지수를 산정하는 단계에서는 가뭄지수의 다양한 지속기간에 대해서 가뭄지수를 산정하는 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법을 제공할 수 있다.

- [0019] 상기 기상예보자료에 대한 공간 해상도를 조정하는 단계에서는, 기상관측모델로부터 수집한 상기 기상예보자료를 내삽 기법에 의해 상기 관측 강수량을 수집하는 종관기상관측장비가 설치된 관측 지점에 대해서 공간적 상세화를 수행할 수 있다.
- [0020] 상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계에서는, 기상관측모델에서 수집한 상기 기상예보자료 중 미래예측자료에 대해 예보선행시간에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하되 예보선행시간에 따른 복수개의 미래예측자료로부터 1개의 미래예측데이터를 추출할 수 있다.
- [0021] 상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계에서는, 기상관측모델의 과거재현자료와 미래예측자료의 편차로부터 아노말리를 산정할 수 있다.
- [0022] 상기 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계에서는, 산정된 아노말리를 과거 관측강수량과 결합하여 다양한 지속기간에 대한 가뭄지수의 입력자료를 구축할 수 있다.
- [0023] 상기 가뭄지수를 산정하는 단계에서는, 특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법은 3개월 이상의 장기 가뭄 전망 정보를 제시할 수 있다.
- [0025] 본 발명에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법은 관측 강수량 및 기상예보자료를 모두 이용하여 가뭄 전망 정보를 산정하기 때문에 정확성이 높은 가뭄 전망 정보를 제시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템의 개략적 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법에 있어서 기상예보자료의 해상도 조정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템에 있어서 가뭄 전망을 위해 입력 데이터를 처리하는 과정을 설명하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법의 정확성을 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템의 개략적 구성을 설명하기 위한 도면, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 방법을 설명하기 위한 순서도, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법에 있어서 기상예보자료의 해상도 조정을 설명하기 위한 도면, 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템에 있어서 가뭄 전망을 위해 입력 데이터를 처리하는 과정을 설명하는 도면, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법의 정확성을 보여주는 도면이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)은, 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 기상 데이터 수집부(101), 상기 기상예보자료의 공간 해상도(Resolution)를 조정하고 예보선행시간(lead-times)에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하는 가뭄지수 입력자료 구축부(130) 및 상기 예보선행시간에 대한 지속기간별로 가뭄지수를 산정하는 가뭄지수 산정부(160)를 포함할

수 있다.

[0030] 여기서, 상기 가뭄지수로는 표준강수지수(SPI; Standard Precipitation Index)가 이용되는 것이 바람직하다.

[0031] SPI는 강수부족에 대한 확률적 특성을 적용한 것으로 특정한 기간에 대해 지속기간을 3, 6, 9, 12개월 등과 같이 설정가능하며, 지속기간별 강수 부족량을 산정하여 기상학적, 농업적, 수문학적 가뭄을 간접적으로 평가할 수 있다. 지속기간 1~3개월 SPI는 단기간의 강수량을 고려함으로써 기상학적 가뭄, 지속기간 4~6개월 SPI는 토양수분 및 지하수 부족으로 발생하는 농업적 가뭄, 지속기간 7~12개월 SPI는 하천유량 부족으로 발생하는 수문학적 가뭄을 평가하는데 활용될 수 있다.

[0032] SPI의 산정과정은 통상 30년 이상의 월 강수자료를 바탕으로 시간단위별 누가 강수 시계열을 구성한 후, 적정 확률분포형을 선정하게 된다. 강수자료의 확률분포형은 2변수 Gamma 분포를 이용한다. 월별 확률분포로부터 산정된 누가확률과 표준정규분포의 누가확률이 같은 값을 찾아 표준정규분포상의 변수(X축)에 해당하는 값을 지수로 이용한다.

[0033] [표 1]은 SPI 값의 범위에 따른 가뭄 분류를 나타낸 것이다.

표 1

SPI 값의 범위	가뭄 분류
$2.00 \leq \text{SPI}$	Extremely Wet
$1.99 \sim 1.50$	Very Wet
$1.49 \sim 1.00$	Moderate Wet
$0.99 \sim -0.99$	Near Normal
$-1.00 \sim -1.49$	Moderate Dry
$-1.50 \sim -1.99$	Severe Dry
$-2.00 \geq \text{SPI}$	Extremely Dry

[0035] [표 1]에 기재된 바와 같이 SPI 값의 범위에 따라 Extremely wet에서 Extremely dry로 구분하며, 통상 -1 이하를 가뭄으로 정의한다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100) 및 방법은 가뭄지수 중 SPI를 이용하여 가뭄 전망 정보를 산정하는 것이 바람직하지만, 가뭄지수로서 반드시 SPI만 이용하는 것은 아니고 다른 가뭄지수를 이용할 수도 있다. 편의상, 이하에서 가뭄지수는 SPI를 의미한다.

[0037] 한편, 상기 기상 데이터 수집부(101)는 상기 관측 강수량을 수집하는 관측 강수량 수집부(110) 및 상기 기상예보자료를 수집하는 기상예보자료 수집부(120)를 포함할 수 있다. 즉, 기상 데이터 수집부(101)는 실제로 측정된 관측 강수량과 기상관측모델에서 얻은 기상예보자료를 수집하여 가뭄 전망 정보를 산정하는데 이용할 수 있다.

[0038] 상기 관측 강수량 수집부(110)는 실제 강수량을 측정하고자 하는 관측 지점에 설치된 종관기상관측장비(ASOS : Automated Synoptic Observing System)로부터 관측 강수량을 수집하는 것이 바람직하다. 본 발명의 발명자들은 관측 강수량 자료 기반의 가뭄지수를 산정하기 위해 59개의 ASOS 지점을 선정하였고, 평년(1981~2010년)을 고려한 1981년~2015년 기간의 관측 강수량 자료를 활용하였다.

[0039] 상기 기상예보자료 수집부(120)는 기상관측모델로부터 기상예보자료를 수집할 수 있다. 여기서, 기상관측모델로는 다양한 모델들이 이용될 수 있으며, 본 발명에서는 대기와 해양-해빙 접합모델인 GloSea5 모델을 이용하는 것이 바람직하다. 이하에서는 GloSea5 모델을 이용하는 경우에 대해서 설명하지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)에서 이용되는 기상관측모델이 GloSea5에 국한되는 것은 아니며, 다른 형태의 기상관측모델도 이용될 수 있다. 설명의 편의를 위해, 이하에서 기상관측모델은 GloSea5를 지칭한다.

[0040] GloSea5 모델은 기후모델인 HadGEM3 (Hadley Centre Global Environment Model version 3)을 기반으로 한다. HadGEM3는 대기, 해양, 해빙 및 지표모델들이 하나로 합쳐진 전지구 결합 모델(Coupled General Circulation Model, CGCM)으로써 대기모델은 UM (Unified Model), 지표모델은 MOSES (Met Office Surface Exchange Scheme)가 결합되어 있다. 해양과 해빙모델은 각각 NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean), CICE (Los Alamos sea ice model)모델을 사용한다. 각 모델들은 대기-해양 플럭스 교환을 위해 개발한 OASIS 커플러에 의해 결합되어 있다. 대기모델의 수평해상도는 $0.83^\circ \times 0.56^\circ$, 해양 모델의 수평해상도는 tri-polar 격자에서 0.25° (약 25km)이고, 연직으로는 L75의 해상도를 가진다.

- [0041] GloSea5의 과거재현자료(Hindcast, HCST)는 매달 1일, 9일, 17일, 25일 마다 초기장을 입력하여 생산되며, 각 출발일에는 모델의 물리과정을 달리하는 방법으로 확률적 운동에너지 후방 산란법(Stochastic Kinetic Energy Backscatter2, SKEB2)을 이용하여 대기 분석장과 해양 및 해빙 초기장으로부터 3개의 앙상블 멤버(Ensemble Member)를 생산한다. 자료생산 기간은 1996년부터 2009년(총 14년)이며, 각 앙상블 멤버당 7개월간 모델적분이 진행된다.
- [0042] GloSea5의 미래예측자료(Forecast, FCST)는 과거재현자료와 동일한 방식으로 매일 적분이 진행되며 매 초기장 마다 2개의 앙상블 멤버가 생산된다.
- [0043] 한편, 상기 가뭄지수 입력자료 구축부(130)는, 상기 종관기상관측장비(ASOS) 또는 기상관측장비가 설치된 관측 지점에 대해서 기상관측모델(GloSea5)로부터 수집한 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행하는 해상도 조정부(150) 및 기상관측모델에서 수집한 상기 기상예보자료 중 미래예측자료에 대해 예보선행시간(lead-times)에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하는 아노말리 산정부(140)를 포함할 수 있다.
- [0044] 여기서, 상기 해상도 조정부(150)는 내삽 기법(Interpolation method)을 이용하여 상기 기상예보자료의 공간적 상세화를 수행할 수 있다.
- [0045] GloSea5 자료는 0.83° (약 85km) $\times$ 0.56° (약 55km)의 공간 해상도를 갖는 격자 기반으로 생산되며, 국내에 포함 되는 격자수는 33개이다. 이러한 공간 해상도를 가지는 GloSea5 자료는 격자의 크기가 크기 때문에 공간 해상도가 낮을 수밖에 없다.
- [0046] 도 3을 참조하면, GloSea5의 공간 해상도 즉, 격자 크기가 ASOS 지점(ASOS Weather Station)의 크기 보다 현저히 크다는 것을 알 수 있다. 따라서, 상기 해상도 조정부(150)는 GloSea5의 격자를 더 작게 나눠서 공간 해상도를 높일 필요가 있다. 예를 들면, 약 85km $\times$ 약 55km의 공간 해상도를 갖는 격자를 약 12.5km $\times$ 약 12.5km의 공간 해상도를 갖는 격자로 작게 나눌 수 있다. 이와 같이, 상기 해상도 조정부(150)는 ASOS 지점에 대한 예측강수량을 산정하기 위해 이중선형보간(bilinear interpolation) 기법을 이용하여 GloSea5에서 얻은 기상예보자료(즉, 예측강수량)의 공간적 상세화를 수행하게 된다.
- [0047] 상기 가뭄지수 입력자료 구축부(130)는 GloSea5 예보자료를 내삽 기법을 통해 ASOS 지점에 대한 공간적 상세화를 수행하고, 예보선행시간에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정한다. 여기서, 아노말리(Anomaly)는 예보시점에서의 과거재현자료(Hindcast, HCST) 및 미래예측자료(Forecast, FCST)와 과거 30년 동안의 관측 강수량의 평균의 차이를 의미한다.
- [0048] 한편, GloSea5 모델은 매일 2개의 미래예측자료를 생성한다. 따라서, 1개월당 생성되는 미래예측자료는 60개(1개월이 30일인 경우) 또는 62개(1개월이 31일인 경우)가 된다. 상기 아노말리 산정부(140)는 60개 또는 62개의 미래예측자료에 아노말리 기법을 적용하여 하나의 값 또는 하나의 데이터를 산출할 수 있다.
- [0049] 상기 가뭄지수 입력자료 구축부(130)의 가뭄지수 산정부(160)는 과거 관측강수량과 상기 아노말리를 결합하여 복수개의 지속기간에 대한 가뭄지수를 산정할 수 있다. 다시 말하면, 가뭄지수 산정부(160)는 아노말리 산정부(140)에서 산정된 아노말리에 과거 30년 동안의 관측 강수량의 평균값을 결합하여 다양한 지속기간(3, 6, 9, 12개월)에 대한 가뭄지수 입력 자료를 구축할 수 있다.
- [0050] 이하에서는, 가뭄지수 산정부(160)가 가뭄 전망 정보를 산정하기 위해 가뭄지수를 산정하는 것에 대해서 설명한다.
- [0051] 기상학적 가뭄전망을 위해서는 해당 시점이 미래이기 때문에 가뭄 지속기간에 대한 누적 강수량을 계산하는 방안이 요구된다. 또한, 자료기간도 과거 30년 이상의 강수량 자료를 필요로 하지만 GloSea5의 경우 과거재현자료(HCST) 기간이 14년(1996~2009년)으로 가뭄지수를 산정하기에는 기간이 짧고 관측 자료기간과 달라 이를 처리할 수 있는 방법도 필요하다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)에서는 [수학식 1] 및 [수학식 2]에 의해서 예보선행시간(lead-times)에 따른 예측강수량을 산정할 수 있다.
- [0053] 상기 아노말리 산정부(140)는, 특정 i 월에 대한 j 개월 예보시간에 해당하는 예측강수량(PP_{ij})은 [수학식 1]을 통해 과거재현자료(HCST)의 앙상블 멤버(168개)를 평균한 $\overline{HCST_P_{e(i,j)}}$ 와 이번 차례에 예보된 미래예측자료

(FCST)의 앙상블 멤버(60~62개)를 평균한 $\overline{FCST_P_{e(i,j)}}$ 의 아노말리(Anomaly_{ij})를 계산한다. 그 후 [수학식 2]와 같이 과거 30년(1981년~2010년)의 관측 강수량의 평균값 $\overline{HP_{ij}}$ 에 계산된 아노말리를 더하여 최종 예측강수량(PP_{ij})을 계산한다.

수학식 1

$$Anomaly_{ij} = \overline{FCST_P_{e(i,j)}} - \overline{HCST_P_{e(i,j)}} \quad (1)$$

수학식 2

$$PP_{ij} = \overline{HP_{ij}} + Anomaly_{ij} \quad (2)$$

도 4 및 도 5는 가뭄 지속기간이 3개월 및 6개월인 경우 가뭄지수(SPI)의 관측강수량 및 예측강수량의 활용 방법과 예보선행시간(3개월~6개월)에 대한 가뭄 지속기간 3개월 가뭄지수(SPI)를 예시로써 도시한 것이다. 여기서, 예보선행시간이 3개월이라는 것은 현재 시점을 기준으로 3개월 이후 시점에서의 예보라는 것을 의미한다. 마찬가지로 예보선행시간이 6개월이라는 것은 현재 시점을 기준으로 6개월 이후 시점에서의 예보라는 것을 의미한다.

가뭄 지속기간 및 예보선행시간에 따른 가뭄지수(SPI)의 입력자료 산정은 [수학식 3]에 의해서 산정될 수 있다.

수학식 3

$$Input_SPI_{i,j}(n) = \sum_{k=-(n-j)}^0 HP_{i,k} + \sum_{k=0}^0 PP_{i,k} \quad (3)$$

[수학식 3]에서, n은 가뭄지수(SPI)의 지속기간 3, 6, 9, 12개월, i는 특정 월, j는 예보선행시간 1~6개월, HP는 과거 관측강수량, PP는 예측강수량을 의미한다.

예를 들어, 가뭄지수(SPI)의 지속기간이 6개월이고 특정 월에 대한 예보선행시간 1개월의 가뭄 전망 정보를 산정하고자 한다면, 예보시점을 기준으로 과거 5개월은 HP, 이후 1개월은 PP를 이용할 수 있다. 마찬가지로, 예보선행시간 2개월의 가뭄 전망 정보를 산정하고자 한다면, 예보시점을 기준으로 과거 4개월은 HP, 이후 2개월은 PP를 이용할 수 있다.

도 4는 가뭄지수(SPI)의 입력자료를 산정하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 4에서 SPI3(일점 쇄선으로 둘러싸인 부분)는 지속기간이 3개월이고 특정 월에 대한 예보선행시간 1개월의 가뭄 전망 정보를 산정하는 것을 보여준다. 즉, 현재시점(도 4의 Current 참조)을 기준으로 과거 2개월은 HP, 이후 1개월은 PP를 이용함을 보여준다.

또한, 도 4에서 SPI6(점선으로 둘러싸인 부분)는 지속기간이 6개월이고 특정 월에 대한 예보선행시간 1개월의 가뭄 전망 정보를 산정하는 것을 보여준다. 즉, 현재시점(도 4의 Current 참조)을 기준으로 과거 5개월은 HP, 이후 1개월은 PP를 이용함을 보여준다.

도 4를 참조하면, 예보선행시간 개월 수를 기준으로 지속기간이 증가할수록 이용되는 과거 관측강수량(즉, HP)가 누적(Cumulative)됨을 알 수 있다.

한편, 가뭄 지속시간이 동일한 경우이라도 특정 월에 대한 예보선행시간의 개월이 달라지면 도 4의 일점 쇄선

또는 점선 부분은 History 쪽으로 움직이거나 Future 쪽으로 움직일 수 있다.

- [0065] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 가뭄지수 산정부(160)는, 특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량(PP) 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량(HP)을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정할 수 있다.
- [0066] 도 5는 SPI3인 경우 예측강수량을 예측하는 방법을 보여주는 도면이다. 도 5를 참조하면, 현재시점(C.T)이 2월(Feb.)이고 예보선행시간 3개월의 SPI3는 3월(Mar.), 4월(Apr.), 5월(May)의 강수량을 누적하여 장기 가뭄 전망을 예측한다. 또한, 현재시점(C.T)이 2월(Feb.)이고 예보선행시간 6개월의 SPI3는 6월(Jun.), 7월(Jul.), 8월(Aug.)의 강수량을 누적하여 장기 가뭄 전망을 예측한다. 이와 같이, 현재시점을 기준으로 예보선행시간의 개월이 달라지면 누적 강수량이 반영되는 월이 달라지게 된다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)의 가뭄 예측 전망부(170)는 상기와 같이 산정된 가뭄 지수로부터 가뭄을 전망할 수 있다. 여기서, 가뭄 예측 전망부(170)는 예보선행시간이 3개월 이상인 장기 가뭄을 전망하는 것이 바람직하지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며 예보선행시간 3개월 미만의 단기 가뭄도 전망할 수 있다.
- [0068] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)은 산정된 가뭄 전망 정보 또는 가뭄지수의 정확성 또는 신뢰성을 평가하는 가뭄지수 평가부(180)를 더 구비할 수 있다.
- [0069] 가뭄지수 평가부(180)는 지속기간별 SPI 전망정보에 대한 정성적 정확도 평가를 위해 ROC (Receiver Operating Characteristic) 분석을 이용할 수 있다. 2015년 가뭄전망정보에 대한 활용성을 평가하기 위해 SPI_o 및 SPI_p로부터 ROC 분석을 수행할 수 있다. 이를 위해 예보선행시간별 정확도(ACC), 적중률(HR)과 비적중률(FAR)로부터 ROC score를 산정하였으며, 산정결과는 도 6과 같다.
- [0070] 도 6을 참조하면, SPI_o 및 SPI_p가 모두 가뭄일 경우와 아닐 경우의 헛수를 바탕으로 산정되는 ACC는 지속기간 3, 6, 9, 12개월 모두 예보선행시간 3개월까지 0.73~0.94로 산정되었으며, SPI_p(12), SPI_p(9), SPI_p(6), SPI_p(3)으로 높게 나타났다. 지속기간별 SPI_p의 ROC score의 경우 SPI_p(3)은 0.50~0.75, SPI_p(6)은 0.53~0.86, SPI_p(9)는 0.64~0.90, SPI_p(12)는 0.71~0.93으로 산정되었으며, 각각 예보선행시간 2개월(0.68), 3개월(0.69), 4개월(0.73), 5개월(0.74)까지 예측 정확성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0071] 한편, 발명의 다른 분야에 따르면, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명은 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)에 의한 가뭄 전망 정보 산정 방법을 제공할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법은, 상기에서 설명한 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)을 이용해서 수행되기 때문에 시스템(100) 관련하여 상기에 설명한 내용은 가뭄 전망 정보 산정 방법에도 당연히 적용된다.
- [0073] 본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법은, 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 단계(1100); 상기 기상예보자료에 대한 해상도를 조정하는 단계(1200); 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계(1300); 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계(1400); 및 가뭄지수를 산정하는 단계(1500);를 포함할 수 있다.
- [0074] 여기서, 상기 가뭄지수를 산정하는 단계(1500)에서는 가뭄지수의 다양한 지속기간에 대해서 가뭄지수를 산정하는 기상예보자료를 이용할 수 있다.
- [0075] 상기 관측 강수량 및 기상예보자료를 수집하는 단계(1100)는 관측 강수량 수집부(110) 및 기상예보자료 수집부(120)에 의해서 각각 관측 강수량과 기상예보자료를 수집할 수 있다.
- [0076] 상기 기상예보자료에 대한 해상도를 조정하는 단계(1200)에서는, 해상도 조정부(150)를 이용하여 G1oSea5와 같은 기상관측모델로부터 수집한 기상예보자료에 내삽 기법을 적용함으로써 관측 강수량을 수집하는 종관기상관측 장비(ASOS)가 설치된 관측 지점에 대해서 공간적 상세화를 수행할 수 있다.
- [0077] 상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계(1300)는 아노말리 산정부(140)에 의해 수행될 수 있다. 아노말리를 산정하는 단계(1300)에서는, 기상관측모델에서 수집한 기상예보자료 중 미래예측자료(FCST)에 대해 예보선행시간(lead-times)에 따른 아노말리(Anomaly)를 산정하되 예보선행시간에 따른 복수개의 미래예측자료로부터 1개의 미래예측데이터를 추출할 수 있다. 여기서, 복수개의 미래예측자료는 기상관측모델

GloSea5 모델에서 매일 2개씩 생성되는 미래예측자료를 의미하고, 1개의 미래예측데이터는 60개 또는 62개의 미래예측자료에 아노말리 기법을 적용하여 아노말리 산정부(140)에서 산출된 하나의 값 또는 하나의 데이터를 의미한다.

[0078] 한편, 상기 예보선행시간에 따른 예측 강수량의 아노말리를 산정하는 단계(1300)에서는, 아노말리 산정부(140)에 의해서 기상관측모델 GloSea5의 과거재현자료와 미래예측자료의 편차로부터 아노말리를 산정할 수 있다.

[0079] 상기 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계(1400)에서는, 산정된 아노말리를 과거 관측강수량과 결합하여 다양한 지속기간에 대한 가뭄지수의 입력자료를 구축할 수 있다. 상기 지속기간에 대한 가뭄지수 입력자료를 구축하는 단계(1400)는 가뭄지수 입력자료 구축부(130)에 의해서 수행될 수 있다.

[0080] 상기 가뭄지수를 산정하는 단계(1500)에서는, 가뭄지수 산정부(140)에 의해서 특정 월에 대한 예보선행시간 개월 수와 동일한 개월 수의 예측강수량 및 가뭄지수의 지속기간 개월 수에서 예보선행시간 개월 수를 뺀 개월 수의 과거 관측강수량을 합하여 지속기간 개월 수의 가뭄지수를 산정할 수 있다. 가뭄 전망 정보 산정 시스템(100)을 설명하는 부분 중 도 4와 관련된 부분에서 설명한 바와 같은 과정을 통해서 가뭄지수를 산정할 수 있다.

[0081] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 가뭄 전망 정보 산정 방법은, 상기 가뭄지수를 평가하는 단계(1600) 및 가뭄을 예측 전망하는 단계(1700)를 더 포함할 수 있다.

[0082] 본 발명의 일 실시예에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDRom, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0083] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 기상예보자료를 이용한 가뭄 전망 정보 산정 시스템 및 방법은, 기상예보자료 기반의 3개월 이상 장기 가뭄 전망 정보를 비교적 정확하게 제시할 수 있다.

[0085] 이상과 같이 본 발명의 일 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

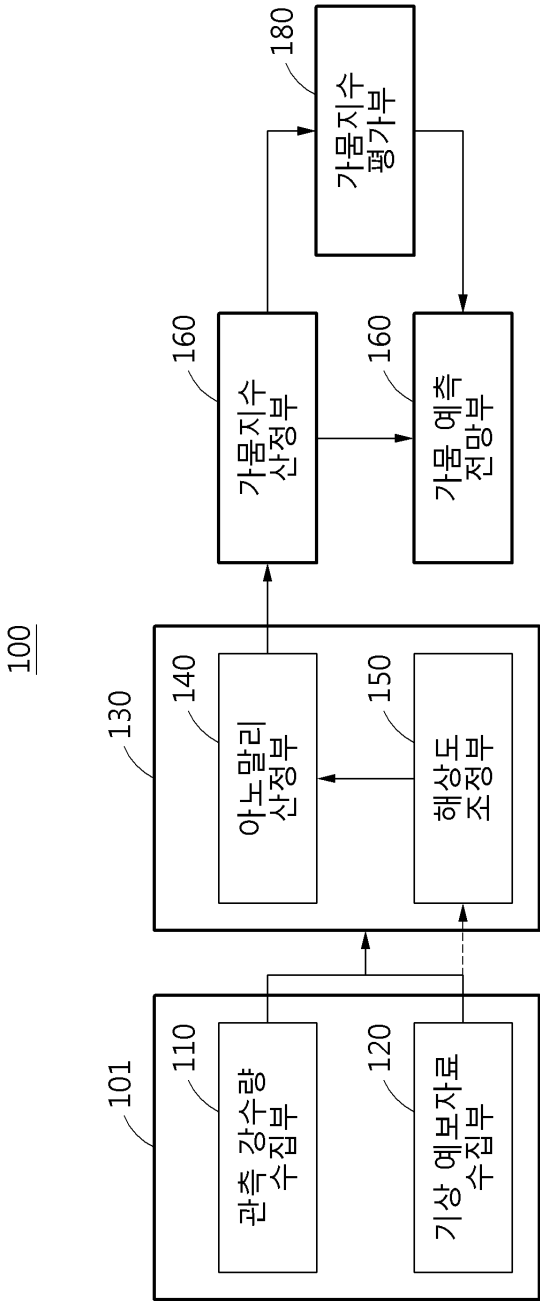
부호의 설명

- [0086]
- 100: 가뭄 전망 정보 산정 시스템
 - 101: 기상 데이터 수집부
 - 110: 관측 강수량 수집부
 - 120: 기상예보자료 수집부
 - 130: 가뭄지수 입력자료 구축부
 - 140: 아노말리 산정부
 - 150: 해상도 조정부
 - 160: 가뭄지수 산정부

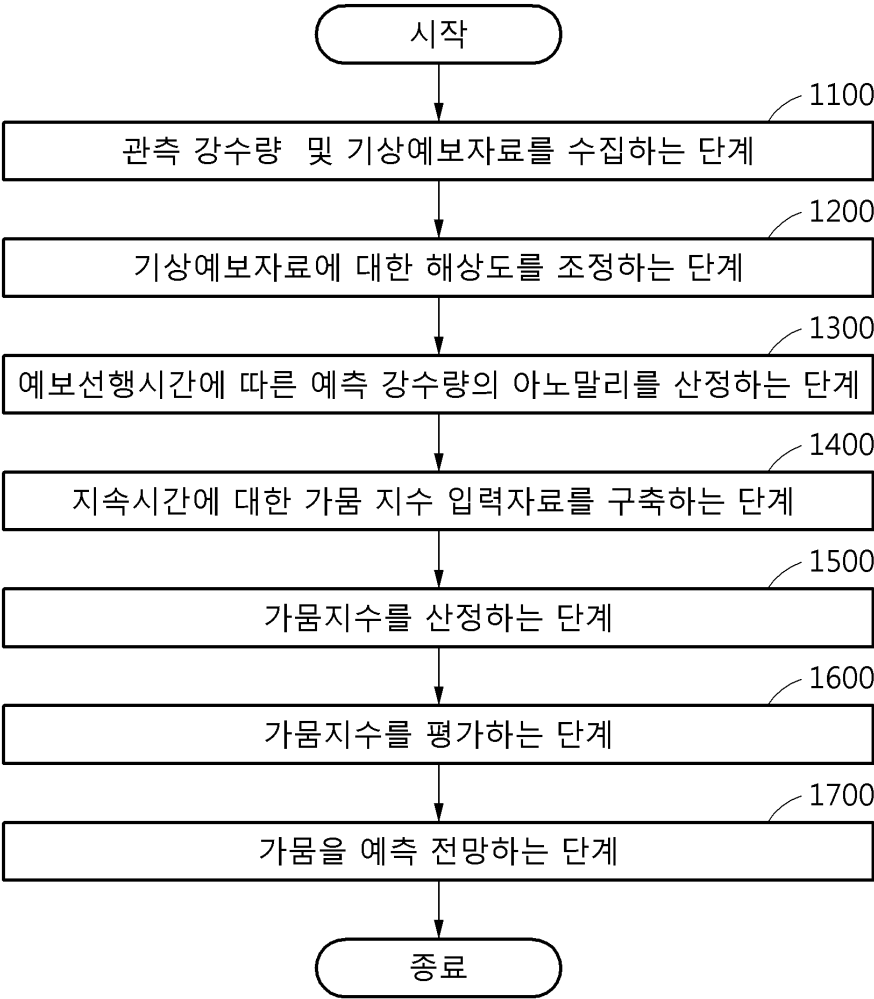
170: 가뭄 예측 전망부
180: 가뭄지수 평가부

도면

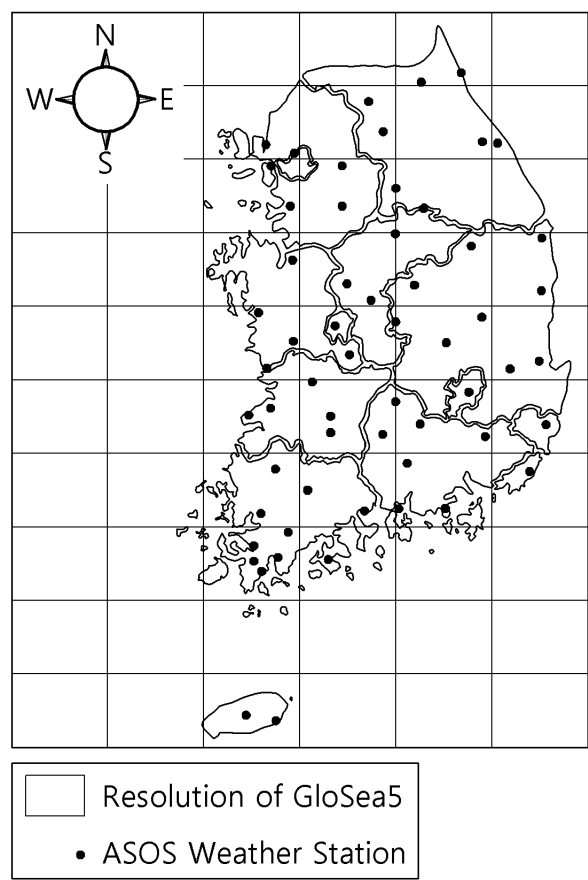
도면1



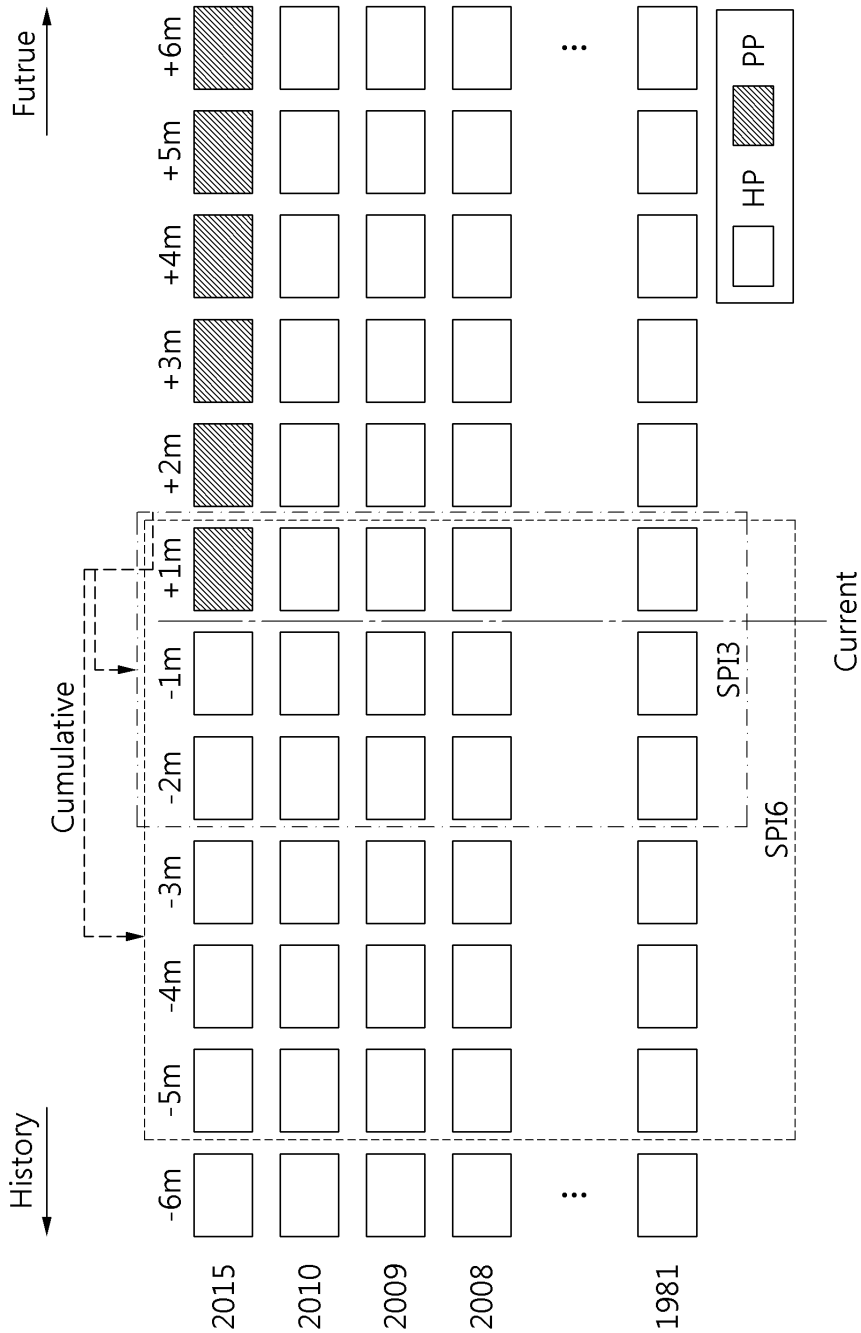
도면2



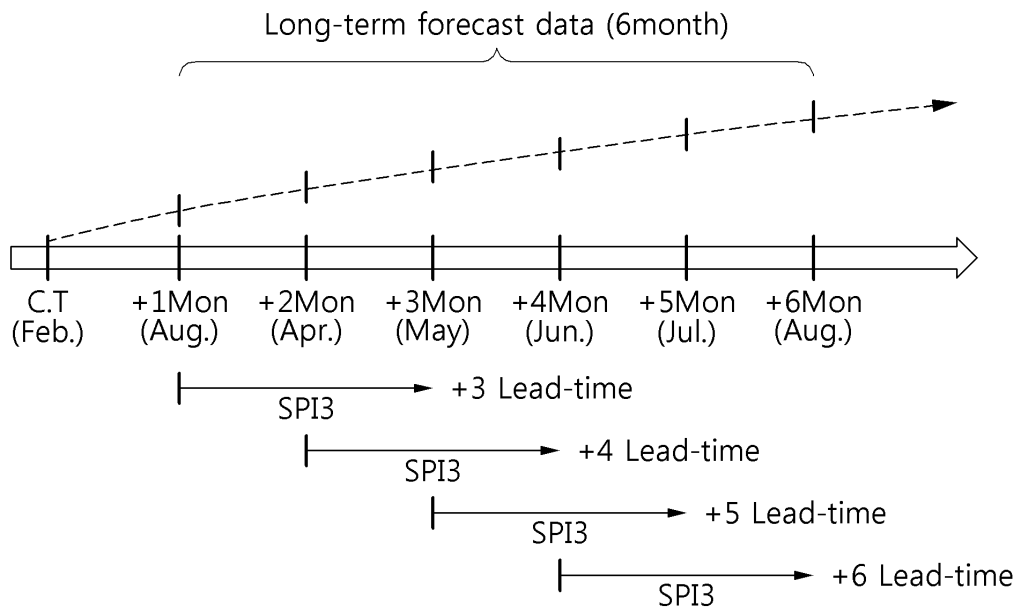
도면3



도면4



도면5



도면6

