



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월04일
(11) 등록번호 10-1672810
(24) 등록일자 2016년10월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/10 (2006.01) G01P 13/02 (2006.01)
G01P 5/00 (2006.01) G01S 13/95 (2006.01)
G01W 1/11 (2006.01) G06F 17/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01W 1/10 (2013.01)
G01P 13/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0118552
(22) 출원일자 2015년08월24일
심사청구일자 2015년08월24일
- (56) 선행기술조사문헌
심재관 외 3인, '병합 기법을 이용한 정량적 강수 예측', 기상기술, 제1권, 제2호, 2005., pp.111-120.
최지혜 외 3인, '초단시간 장수예보시스템 구축 및 활용', 한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집, 2006.05., pp.1515-1519.
최지혜 외 4인, '초단시간 장수예보모델의 실시간 검증시스템 구축', 한국기상학회 학술대회 논문집, 2006.04., pp.174-175.
양하영 외 6인, '병합기법을 이용한 유역별 최적 예측강수 자료산출', 한국기상학회 학술대회 논문집, 2012.04., pp.41-41.

- (73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
- (72) 발명자
이동인
부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4309호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)
- 정중훈
서울특별시 동작구 여의대방로16길 61 (신대방동) (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 6 항

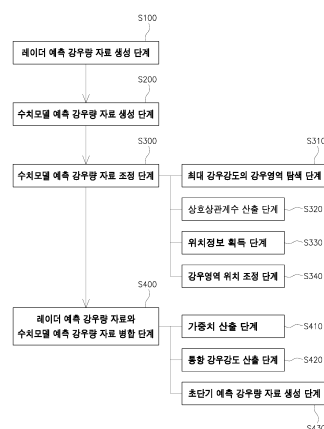
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법

(57) 요약

본 발명은 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 레이더 강수 예측 자료에 지형효과에 따른 강수장의 성장 및 소멸 현상에 관한 정보가 반영되도록 수치모델 강수 예측 자료를 병합하여 초단기 강수 예측 자료를 정확도 있게 생성할 수 있는지형효과를 고려한 레이더 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 기상레이더의 관측 자료를 통해 레이더 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제1단계; 수치모델의 시뮬레이션을 통해 수치모델 예측 강우량 자료를 강우장의 성장 및 소멸 정보가 포함되도록 지형효과를 고려하여 예측시간 간격으로 생성하는 제2단계; 상기 생성된 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 위치를 상기 생성된 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치에 대응되게 예측시각마다 조정하는 제3단계; 및 상기 조정된 수치모델 예측 강우량 자료와 상기 레이더 예측 강우량 자료를 병합하되, 예측시간 경과에 따라 상기 레이더 예측 강우량 자료보다 상기 수치모델 예측 강우량 자료에 상대적으로 더 많은 영향을 받도록 하는 가중치를 적용하여 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법을 기술적 요지로 한다.

(52) CPC특허분류

G01P 5/00 (2013.01)

G01S 13/95 (2013.01)

G01W 1/11 (2013.01)

G06F 17/10 (2013.01)

(72) 발명자

강윤희

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4309호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

유철환

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NO.200603874

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 국제공동연구사업

연구과제명 동지나해 공동해역에서의 대기 강수시스템 및 호우 발달에 관한 연구

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2006.06.01 ~ 2015.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KMIPA 2015-5060

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업진흥원

연구사업명 기상기술개발사업

연구과제명 한반도 지형성 강수 재해 저감을 위한 관측 및 예측 연구

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2015.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

기상레이더의 관측 자료를 통해 레이더 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제1단계;

수치모델의 시뮬레이션을 통해 수치모델 예측 강우량 자료를 강우장의 성장 및 소멸 정보가 포함되도록 지형효과를 고려하여 예측시간 간격으로 생성하는 제2단계;

상기 생성된 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 위치를 상기 생성된 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치에 대응되게 예측시간마다 조정하는 제3단계; 및

상기 조정된 수치모델 예측 강우량 자료와 상기 레이더 예측 강우량 자료를 병합하되, 예측시간 경과에 따라 상기 레이더 예측 강우량 자료보다 상기 수치모델 예측 강우량 자료에 상대적으로 더 많은 영향을 받도록 하는 가중치를 적용하여 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 지형효과는

상기 수치모델에 사용되는 기후변수들 중에서 풍향변수와 풍속변수 및 습도변수가 포함되고,

상기 수치모델 예측 강우량 자료는

상기 수치모델을 시뮬레이션할 때 풍향변수와 풍속변수 및 습도변수를 기후변수로 설정하여 시뮬레이션하는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 풍향변수, 풍속변수, 습도변수의 수치는

강우 예측하고자 하는 대상지역의 지형에 대한 수치 표고 모델로부터 얻을 수 있는 방향각 지형 정도에 나타나는 방향각 변화에 대응되게 설정하는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제3단계는

상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 중에서 최대 강우강도를 가진 강우영역을 탐색하는 제3a단계;

상기 탐색된 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역을 상기 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역과 비교하여 상호상관계수를 산출하는 제3b단계;

상기 산출된 상호상관계수 중에서 최대 상호상관계수를 가진 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역과 상기 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역의 위치정보를 각각 획득하는 제3c단계; 및

상기 획득된 위치정보를 따른 위치조정정보에 따라 상기 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역 위치를 조정하여 상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치와 대응되게 하는 제3d단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제4단계는

상기 기상레이더와 수치모델의 예측 특성을 기초로 하여 예측시간 간격으로 가중치를 산출하는 제4a단계;

상기 산출된 가중치를 상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역과 상기 조정된 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역에 대한 강우강도에 예측시간 간격으로 적용하여 각 강우영역에 대한 통합 강우강도를 산출하는 제4b단계; 및

상기 산출된 통합 강우강도를 통해 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제4c단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 통합 강우강도는 아래의 수학적 식 1에 의해 산출되어 생성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법.

<수학적 식 1>

$$R_b(x_i, t_n) = W_m \times R_m(x_i, t_n) + (1 - W_m) \times R_r(x_i, t_n)$$

R_m 은 t_n 예측시각에서의 수치모델 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이고, R_r 은 t_n 예측시각에서의 레이더 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이며, W_m 은 가중치이며, R_b 는 t_n 예측시각에서의 레이더 초단기 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 레이더 강우 예측 자료에 지형효과에 따른 강수장의 성장 및 소멸 현상에 관한 정보가 반영되도록 수치모델 강우 예측 자료를 병합하여 초단기 강수 예측 자료를 정확도 있게 생성할 수 있는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 강우 예측은 기상레이더의 관측을 통해 예측하는 레이더 강우 예측 자료와 수치모델(수치예보모델)을 통해 예측하는 수치모델 강우 예측 자료 등을 토대로 하여 이루어지고 있다.

[0003] 여기서 레이더 강우 예측 자료는 예보 초기 시간에 높은 예측 정확도를 나타내는 장점이 있으나 예보 초기 시간이 지나면 예측 정확도가 급격하게 떨어지는 단점도 있는데, 이는 기상레이더 관측 자료에는 강우장의 생성 및 소멸 정보가 반영되지 않기 때문이다.

[0004] 이와 달리 수치모델 강우 예측 자료는 예보 초기 시간에는 예측 정확도가 떨어지는 단점은 있으나 예보 초기 기간이 지나면 높은 예측 정확도를 나타내는 장점이 있는데, 이는 수치모델 강우 예측 자료에는 강우장의 생성 및 소멸 정보가 제대로 반영되어 있기 때문이다.

[0005] 따라서 예측 자료의 정확도 확보를 위해 예보 초기 기간에는 레이더 강우 예측 자료를 이용하고 예보 초기 기간 이후에는 수치모델 강우 예측 자료를 이용하고 있다.

[0006] 그러나 높은 산들이 복잡하게 형성된 지역에서는 지형효과에 따라 강우장의 생성 및 소멸이 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 지역에 대한 초단기 강우 예측 자료를 생성하기 위해 일반적인 방법과 같이 레이더 강우 예측 자료를 이용할 경우 강우장의 생성 및 소멸 정보가 반영되지 않아 정확도를 확보할 수 없는 문제점이 있다.

[0007] 이에 따라 높은 산들이 복잡하게 형성되어 강우장의 생성 및 소멸이 빈번한 지역에 대한 초단기 강우 예측 자료의 정확도를 확보하여 집중호우 등으로 인한 인적 및 물적 피해를 최소화하기 위해서는 레이더 강우 예측 자료에 지형효과에 따른 강우장의 생성 및 소멸 정보를 반영할 수 있는 초단기 강우 예측 자료 생성을 위한 기술에

대한 연구개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 국내 등록특허공보 제10-1435648호, 2014.08.22.자 공고.
(특허문헌 0002) 국내 등록특허공보 제10-1512015호, 2015.04.14.자 공고.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 문제점을 해소하기 위해 발명된 것으로서, 지형효과에 따른 강우장의 생성 및 소멸이 반영되도록 하여 레이더 관측 자료를 토대로 하는 레이더 초단기 강우 예측 자료에 대한 정확도를 높일 수 있도록 레이더 관측 자료에다가 수치모델에서 추출한 지형효과와 관련된 최적의 변수를 적용한 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강우 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강우 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법은 기상레이더의 관측 자료를 통해 레이더 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제1단계; 수치모델의 시뮬레이션을 통해 수치모델 예측 강우량 자료를 강우장의 성장 및 소멸 정보가 포함되도록 지형효과를 고려하여 예측시간 간격으로 생성하는 제2단계; 상기 생성된 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 위치를 상기 생성된 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치에 대응되게 예측시간마다 조정하는 제3단계; 및 상기 조정된 수치모델 예측 강우량 자료와 상기 레이더 예측 강우량 자료를 병합하되, 예측시간 경과에 따라 상기 레이더 예측 강우량 자료보다 상기 수치모델 예측 강우량 자료에 상대적으로 더 많은 영향을 받도록 하는 가중치를 적용하여 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

상기 지형효과는 상기 수치모델에 사용되는 기후변수들 중에서 풍향변수와 풍속변수 및 습도변수가 포함되고, 상기 수치모델 예측 강우량 자료는 상기 수치모델을 시뮬레이션할 때 풍향변수와 풍속변수 및 습도변수를 기후변수로 설정하여 시뮬레이션하는 것을 특징으로 한다.

- [0012] 삭제

- [0013] 상기 풍향변수, 풍속변수, 습도변수의 수치는 강우 예측하고자 하는 대상지역의 지형에 대한 수치 표고 모델로부터 얻을 수 있는 방향각 지형 경도에 나타나는 방향각 변화에 대응되게 설정하는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 상기 제3단계는 상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 중에서 최대 강우강도를 가진 강우영역을 탐색하는 제3a단계; 상기 탐색된 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역을 상기 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역과 비교하여 상호상관계수를 산출하는 제3b단계; 상기 산출된 상호상관계수 중에서 최대 상호상관계수를 가진 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역과 상기 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역의 위치정보를 각각 획득하는 제3c단계; 및 상기 획득된 위치정보를 따른 위치조정정보에 따라 상기 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역 위치를 조정하여 상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치와 대응되게 하는 제3d단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

- [0015] 상기 제4단계는 상기 기상레이더와 수치모델의 예측 특성을 기초로 하여 예측시간 간격으로 가중치를 산출하는 제4a단계; 상기 산출된 가중치를 상기 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역과 상기 조정된 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역에 대한 강우강도에 예측시간 간격으로 적용하여 각 강우영역에 대한 통합 강우강도를 산출하는 제4b단계; 및 상기 산출된 통합 강우강도를 통해 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는

제4c단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 통합 강우강도는 아래의 수학적 식 1에 의해 산출되어 생성되는 것을 특징으로 하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법.

[0017] <수학적 식 1>

$$R_b(x_i, t_n) = W_m \times R_m(x_i, t_n) + (1 - W_m) \times R_r(x_i, t_n)$$

[0019] R_m 은 수치모델 강수량 예측 자료의 강우영역에 대한 강우강도이고, R_r 은 레이더 강수량 예측 자료의 강우영역에 대한 강우강도이며, W_m 은 가중치이며, R_b 는 레이더 초단기 강수량 예측 자료의 강우영역에 대한 강우강도이다.

발명의 효과

[0020] 상기한 구성에 의한 본 발명은 기상레이더를 통해 관측한 반사도 자료를 통해 예측한 초단기 예측 강수량 자료에 지형효과를 고려한 수치모델 예측 강수량 자료를 병합함에 따라 초단기 예측 강수량 자료에 지형효과에 따른 강수장의 성장 및 소멸 정보가 포함되도록 함으로써 초단기 예측 강수량 자료에 대한 정확도와 신뢰성을 높여 국지성 집중호우 등을 정확하게 예측하여 홍수나 산사태 등으로 인한 인적 및 물적 피해를 최소화하는데 일조하는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법을 도시한 블록도.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려하는 레이더와 수치모델의 강수 예측 자료 병합에 따라 수치모델의 도메인을 도시한 예시도.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려하는 레이더와 수치모델의 강수 예측 자료 병합에 따라 수치모델 예측 강수량 자료를 위치를 조정된 예시도.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려하는 레이더와 수치모델의 강수 예측 자료 병합에 따라 대상지역의 지형에 대한 방향각 지형 경도를 도시한 예시도.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려하는 레이더와 수치모델의 강수 예측 자료 병합에 따른 가중 함수를 도시한 예시도.

도 6과 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려하는 레이더와 수치모델의 강수 예측 자료 병합에 의해 생성된 초단기 예측 강수량 자료와 레이더 예측 강수량 자료를 각각 예측시간 간격으로 도시한 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 국지성 집중호우 등을 예측하여 이로 인한 홍수나 산사태 등에 따른 인적 및 물적 피해를 최소화하기 위하여 초단기 예측 강수량 자료를 일정시간 간격별로 생성하는 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법에 관한 것이다.

[0023] 특히, 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법은 기상레이더의 관측 자료로부터 예측시간 간격으로 예측되는 초단기 예측 강수량 자료에 지형효과에 따른 강수장의 성장 및 소멸에 관한 정보를 반영하여 초단기 예측 강수량 자료의 정확도를 높인 것을 특징으로 한다.

[0024] 이러한 특징은 기상레이더를 통해 레이더 예측 강수량 자료를 예측시간 간격으로 생성하고 수치모델을 통해 지형효과와 관련된 기후변수의 수치를 다른 기후변수들의 수치보다 상대적으로 더 높게 설정하여 수치모델 예측 강수량 자료를 예측시간 간격으로 생성한 후 레이더 예측 강수량 자료와 수치모델 예측 강수량 자료에 기상레이더와 수치모델의 예측 특성을 기초로 하여 예측시간 간격으로 산출된 가중치를 적용하여 초단기 예측 강수량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 방법에 의해 달성된다.

[0026] 이하 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법을 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법을 도시한

블록도이다.

- [0028] 본 발명에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강우 예측 병합 방법은 도 1에 도시된 바와 같이 레이더 예측 강우량 자료 생성 단계(S100), 수치모델 예측 강우량 자료 생성 단계(S200), 수치모델 예측 강우량 자료 조정 단계(S300), 및 레이더 예측 강우량 자료와 수치모델 예측 강우량 자료 병합 단계(S400)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0029] 먼저, 상기 레이더 예측 강우량 자료 생성 단계(S100)는 기상레이더를 통해 관측된 자료로부터 레이더 예측 강우량 자료를 생성하는 단계이다.
- [0030] 즉, 레이더 예측 강우량 자료 생성 단계(S100)는 적어도 하나 이상의 기상레이더로 볼륨 관측하여 획득한 반사도 자료를 강우량 자료로 환산하여 레이더 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 과정이다.
- [0031] 이때 하나의 기상레이더를 통해 레이더 예측 강우량 자료를 생성할 때는 상관없지만, 복수 개의 기상레이더를 통해 반사도 자료를 통해 레이더 예측 강우량 자료를 생성할 경우에는 기상레이더의 위치와 성능 등에 따라 기준 기상레이더를 기준으로 나머지 다른 기상레이더의 편차를 보정하여 반사도 자료를 통합한 후 레이더 예측 강우량 자료를 생성하는 것이 바람직하다.
- [0032] 다음으로, 상기 수치모델 예측 강우량 자료 생성 단계(S200)는 수치모델을 시뮬레이션하여 수치모델 예측 강우량 자료를 생성하는 단계이다.
- [0033] 즉, 수치모델 예측 강우량 자료 생성 단계(S200)는 수치모델의 기후변수들을 설정한 후 시뮬레이션하여 수치모델 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 과정이다.
- [0034] 이때 수치모델을 사용하여 수치모델 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성할 때는 지형효과에 따른 강우장의 성장 및 소멸 정보가 포함되도록 수치모델을 시뮬레이션하여 초단기 예측 강우량 자료의 정확도를 높이는 것이 바람직하다.
- [0035] 즉, 수치모델을 사용하여 시뮬레이션할 때 수치모델의 기후변수들 중에서 상기한 지형효과와 관련된 풍향변수, 풍속변수, 습도변수만을 선택하여 설정한 후 시뮬레이션하여 수치모델 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 것이 바람직하다.
- [0036] 단, 지형효과와 관련된 풍향변수, 풍속변수, 습도변수의 수치는 강우 예측을 하고자 하는 대상지역에 대한 수치표고 모델(Digital Elevation Model, DEM)로부터 얻을 수 있는 대상지역의 지형에 대한 방향각 지형 경도를 활용하여 설정할 수 있다.
- [0037] 즉, 대상지역의 지형에 대한 방향각 지형 경도에 있어 방향각 변화가 상대적으로 크거나 많으면 상기한 풍향변수, 풍속변수, 습도변수의 수치는 상대적으로 높게 설정하고 방향각 변화가 상대적으로 작거나 적으면 상기한 풍향변수, 풍속변수, 습도변수의 수치는 상대적으로 낮게 설정한다.
- [0038] 여기서 지형의 방향각 지형 경도를 활용하는 이유는 지형의 형태에 따라 강수장의 성장 및 소멸에 영향을 주기 때문이다. 즉, 강수장이 지형에 인접했을 경우 풍상측인 양의 방향각 지형 경도에서는 강제 상승으로 인한 성장하면서 발달하게 되고 이와 반대로 풍하측인 음의 방향각 지형 경도에서는 약해지면서 소멸하게 된다.
- [0039] 한편, 본 단계에서 생성된 수치모델 예측 강우량 자료의 도메인(예측영역) 및 해상도는 이전 단계에서 생성된 레이더 예측 강우량 자료의 도메인 및 해상도에 대응되게 생성하는 것이 바람직하다.
- [0040] 다음으로, 상기 수치모델 예측 강우량 자료 조정 단계(S300)는 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 위치를 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역 위치에 대응되게 조정하는 단계이다.
- [0041] 즉, 레이더 예측 강우량 자료와 수치모델 예측 강우량 자료를 병합할 때 수치모델의 예측 강우량 자료의 강우영역 위치 전체가 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역과 대략적으로 일치할 수 있도록 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 위치를 조정하는 과정이다.
- [0042] 이때 수치모델 예측 강우량 자료를 레이더 예측 강우량 자료에 맞게 조정하는 이유는 예측시간 초기에는 레이더 예측 강우량 자료의 정확도가 수치모델 예측 강우량 자료보다 우수하기 때문이다.
- [0043] 이를 위해 수치모델 예측 강우량 자료 조정 단계(S300)는 최대 강우강도의 강우영역 탐색 단계(S310), 상호상관계수 산출 단계(S320), 위치정보 획득 단계(S330), 및 강우영역 위치 조정 단계(S340)를 포함하여 구성될 수 있다.

- [0044] 상기 최대 강우강도의 강우영역 탐색 단계(S310)는 레이더 예측 강우량 자료로부터 최대 강우강도를 가진 강우영역을 탐색하는 단계이다. 이는 레이더 예측 강우량 자료에서 기준이 되는 강우영역을 결정하는 과정이다.
- [0045] 상기 상호상관계수 산출 단계(S320)는 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역을 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역과 비교하여 상호 간의 상호상관계수를 산출하는 단계이다. 이는 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역들 중에서 예측 강우량 자료의 기준이 되는 강우영역과의 상호상관계수가 가장 높은 강우영역을 결정하기 위한 과정이다.
- [0046] 상기 위치정보 획득 단계(S330)는 최대 상호상관계수를 가진 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역과 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역의 위치정보를 각각 획득하는 단계이다. 이는 상기 강우영역의 위치정보를 획득하여 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역의 위치이동정보를 얻기 위한 과정이다.
- [0047] 상기 강우영역 위치 조정 단계(S340)는 최대 상호상관계수를 가진 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역과 최대 강우강도를 가진 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역의 위치정보에 따른 위치조정정보에 따라 수치모델 예측 강우량 자료의 전체 강우영역 위치를 조정하는 단계이다. 이는 수치모델의 예측 강우량 자료의 강우영역 전체를 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역과 대략적으로 일치하도록 위치 조정하는 과정이다.
- [0048] 마지막으로, 상기 레이더 예측 강우량 자료와 수치모델 예측 강우량 자료 병합 단계(S400)는 위치 조정된 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료를 병합하는 단계이다.
- [0049] 단, 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료를 병합할 때는 수치모델의 예측특성과 기상레이더의 예측특성에 부합되도록 예측시간 경과에 따라 가중치를 달리하여 병합하는 것이 바람직하다.
- [0050] 즉, 초기에서 일정시간이 지난 제1시간에서는 수치모델 예측 강우량 자료보다 레이더 예측 강우량 자료에 더 높은 가중치를 두고, 상기 제1시간부터는 레이더 예측 강우량 자료보다 수치모델 예측 강우량 자료에 더 높은 가중치를 두고 병합하는 것이다.
- [0051] 상기와 같이 가중치를 두는 이유는 예측시간 초기에는 레이더 예측 강우량 자료에 대한 정확도가 수치모델 예측 강우량 자료보다 상대적으로 더 높고, 예측시간 후기에는 수치모델 예측 강우량 자료에 대한 정확도가 점진적으로 더 높아지기 때문이다.
- [0052] 이를 위해 레이더 예측 강우량 자료와 수치모델 예측 강우량 자료 병합 단계(S400)는 가중치 산출 단계(S410), 통합 강우강도 산출 단계(S420), 및 초단기 예측 강우량 자료 생성 단계(S430)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0053] 상기 가중치 산출 단계(S410)는 예측시간 경과에 따른 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료에 대한 가중치를 산출하는 단계이다. 즉, 가중함수를 이용하여 예측시각별로 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료에 대한 가중치를 산출하는 과정이다.
- [0054] 이때 가중함수를 이용하여 가중치를 예측시각별로 산출할 때는 기상레이더와 수치모델의 시간에 따른 예측 정확도 등을 변수로 두고 산출하는 것이 바람직하다. 단, 수치모델 예측 강우량 자료의 가중치와 레이더 예측 강우량 자료의 가중치는 서로 반비례하고 그 합의 값은 1이 된다.
- [0055] 상기 통합 강우강도 산출 단계(S420)는 예측시각별로 산출된 가중치를 예측시각별 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역에 대한 강우강도에 적용한 후 병합하여 통합 강우강도를 산출하는 단계이다.
- [0056] 이때 통합 강우강도의 산출할 때는 아래의 수학식 1을 이용하면 된다.
- [0057] <수학식 1>
- [0058]
$$R_b(x_i, t_n) = W_m \times R_m(x_i, t_n) + (1 - W_m) \times R_r(x_i, t_n)$$
- [0059] 여기서 R_m 은 t_n 예측시각에서의 수치모델 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이고, R_r 은 t_n 예측시각에서의 레이더 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이며, W_m 은 가중치이며, R_b 는 t_n 예측시각에서의 레이더 초단기 강우량 예측 자료의 강우영역 x_i 에 대한 강우강도이다.
- [0060] 상기 초단기 예측 강우량 자료 생성 단계(S430)는 각각의 강우영역에서 예측시각별로 산출된 통합 강우강도를 강우영역에 대입하여 초단기 예측 강우량 자료를 예측시간 간격으로 생성하는 단계이다.

- [0061] 상기와 같이 생성된 초단기 예측 강우량 자료는 수치모델을 통해 지형효과에 따른 강우장의 성장 및 소멸 정보가 그대로 반영됨과 동시에 기상레이더와 수치모델의 예측시간 경과에 따른 가중치도 적용되어 정확도와 신뢰성이 크게 향상됨으로써 국지성 집중호우 등을 정확하게 예측하여 홍수나 산사태 등을 미연 방지하는데 큰 도움을 줄 수 있다.
- [0063] 이하 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지형효과를 고려한 레이더 초단기 강수 예측과 수치모델 강수 예측 병합 방법을 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0064] 먼저, 대상지역으로 설정한 제주도 지역에 대한 기상레이더 관측 자료에 레이더 선형 외삽 방법을 적용하여 레이더 예측 강우량 자료를 20분 간격으로 생성하였다.
- [0065] 그리고 제주도 지역에 대하여 수치모델인 스톱규모 모델(Cloud Resolving Storm Simulator; CReSS)을 이용하여 수치모델 예측 강우량 자료를 20분 간격으로 생성하였다.
- [0066] 단, 수치모델 예측 강우량 자료를 레이더 예측 강우량 자료와 병합할 수 있도록 해상도를 1km로 설정하였으며 설정된 도메인은 도 2에 도시된 바와 같다. 그리고 전체 격자 크기는 456*576이고 연직으로 70층이며 경계치와 초기 자료는 일본기상청의 중규모 모델(JMA-MSM) 자료를 사용하였다.
- [0067] 이때 수치모델 예측 강우량 자료에 지형효과에 따른 강우장의 성장 및 소멸 정보가 반영될 수 있도록 도 3에 도시된 제주도 지역에 대한 방향각 지형 경도에 따라 수치모델에서 사용되는 기후변수들 중에서 풍향변수, 풍속변수, 습도변수만을 취하여 시뮬레이션하였다.
- [0068] 상기와 같이 생성된 수치모델 예측 강우량 자료를 레이더 예측 강우량 자료와 비교하여 강우영역에 대한 위치, 형태, 강도 차이가 유발되지 않도록 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 전체를 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역에 대응되게 조정하였다.
- [0069] 즉, 레이더 예측 강우량 자료의 강우영역들 중에서 최대 강우강도를 가진 강우영역을 탐색한 후 이와 가장 높은 상호상관계수를 가진 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역을 찾은 다음 그 위치정보들을 이용하여 그 위치정보 차이가 발생하지 않도록 수치모델 예측 강우량 자료의 강우영역 전체를 조정하였다.
- [0070] 이는 도 4를 통해 확인할 수 있다. 즉, 도 4의 (a)는 레이더 예측 강우량 자료로서 강우강도가 35mm h^{-1} 이상인 강한 강우영역이 제주도 남서쪽의 약 20km 거리에 위치함을 나타내고 있고, 도 4의 (c)는 위치 보정 전 수치모델 예측 강우량 자료로서 강우강도가 35mm h^{-1} 이상인 강한 강우영역이 제주도 남쪽 지역에 위치함을 나타내고 있으며, 도 4의 (b)는 위치 보정된 수치모델 예측 강우량 자료로서 강우강도가 35mm h^{-1} 이상인 강한 강우영역이 도 4의 (a)와 유의하게 보정되었음을 나타내고 있다.
- [0071] 그런 다음 상기 위치 보정된 수치모델 예측 강우량 자료와 레이더 예측 강우량 자료를 산출된 가중치에 따라 상기한 수학적 식 1을 이용하여 병합함으로써 초단기 예측 강우량 자료를 생성하였다.
- [0072] 이때 예측시간 경과에 따른 가중치는 도 5의 가중함수를 이용하여 산출하였다. 상기 가중함수는 전체 예측시간 내에서는 수치모델 예측 강우량 자료에 최소 0.3, 최대 0.8의 가중치가 적용되도록 작성되었다.
- [0073] 상기와 같이 20분 간격으로 생성된 초단기 예측 강우량 자료는 도 7과 같은데, 이는 도 6과 같이 동일 간격으로 제주도의 고산 기상레이더와 성산 기상레이더를 이용하여 예측된 레이더 예측 강우량 자료와 비교하면 풍상측에서의 지형에 의한 강수 성장, 풍하측에서의 지형에 의한 강수 약화, 강수장 후면에서의 층상형 강수장 예측, 강수장의 형태학적 활모양 예측 등의 결과를 생산하였으며 기상레이더만을 활용한 예측 결과에 비해 높은 예측 정확도를 나타내었다.
- [0075] 상기한 실시예는 예시적인 것에 불과한 것으로, 당해 기술분야에 대한 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양하게 변형된 다른 실시예가 가능하다.
- [0076] 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위에는 하기의 특허청구범위에 기재된 발명의 기술적 사상에 의해 상기의 실시예뿐만 아니라 다양하게 변형된 다른 실시예가 포함되어야 한다.

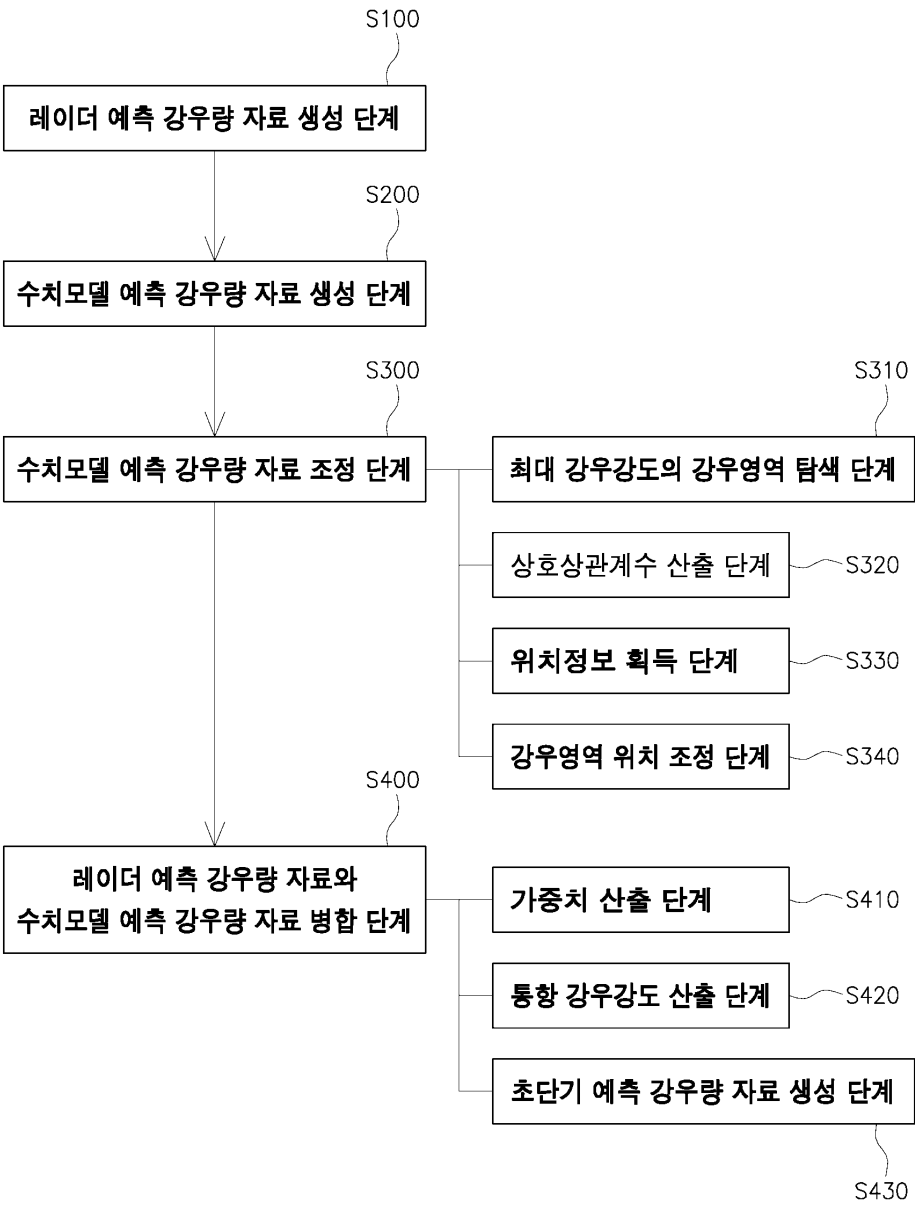
부호의 설명

- [0077] S100: 레이더 예측 강우량 자료 생성 단계

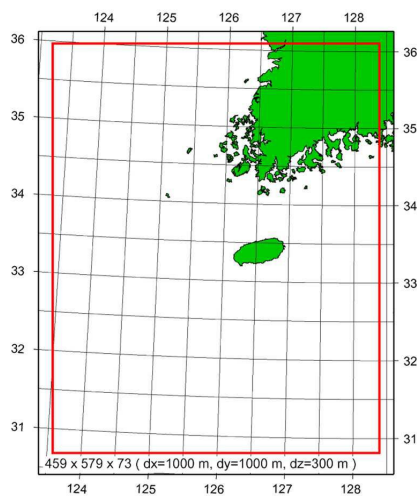
- S200: 수치모델 예측 강우량 자료 생성 단계
- S300: 수치모델 예측 강우량 자료 조정 단계
- S310: 최대 강우강도의 강우영역 탐색 단계
- S320: 상호상관계수 산출 단계
- S330: 위치정보 획득 단계
- S340: 강우영역 위치 조정 단계
- S400: 레이더 예측 강우량 자료와 수치모델 예측 강우량 자료 병합 단계
- S410: 가중치 산출 단계
- S420: 통합 강우강도 산출 단계
- S430: 초단기 예측 강우량 자료 생성 단계

도면

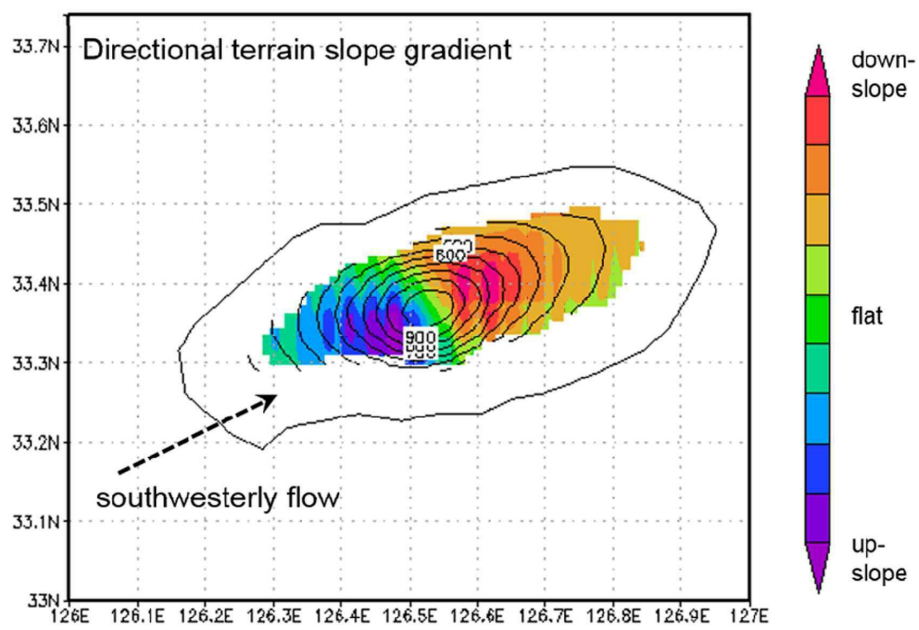
도면1



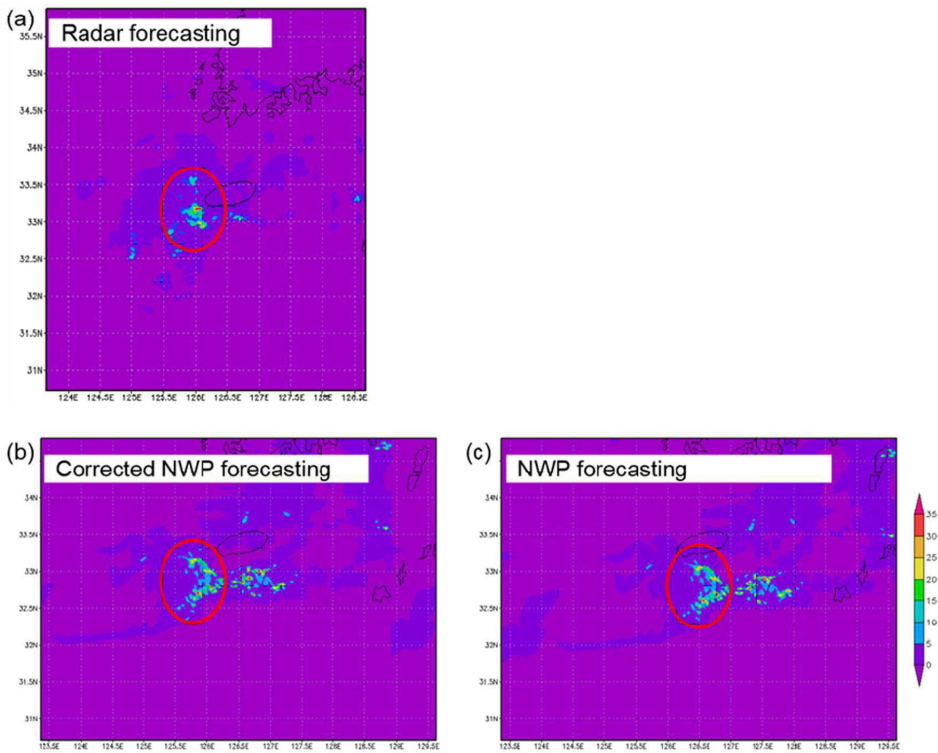
도면2



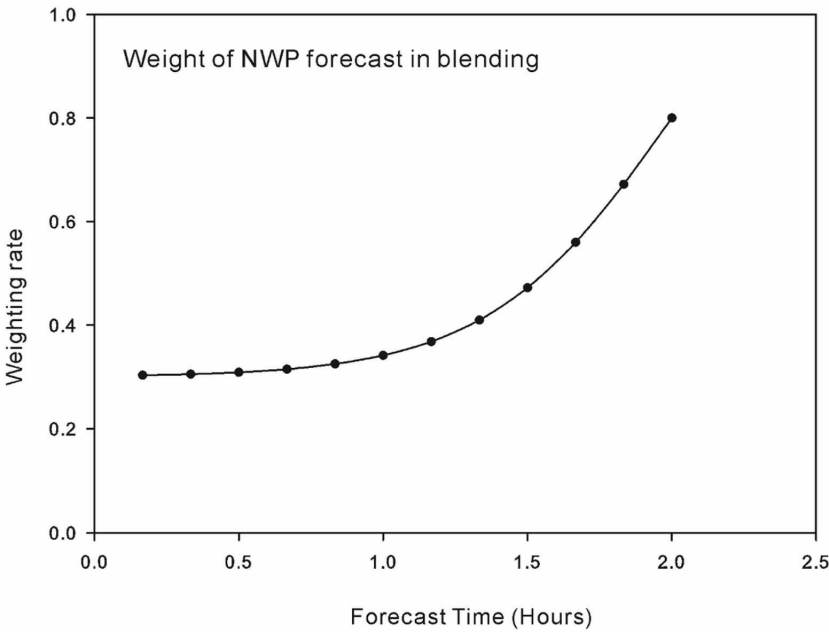
도면3



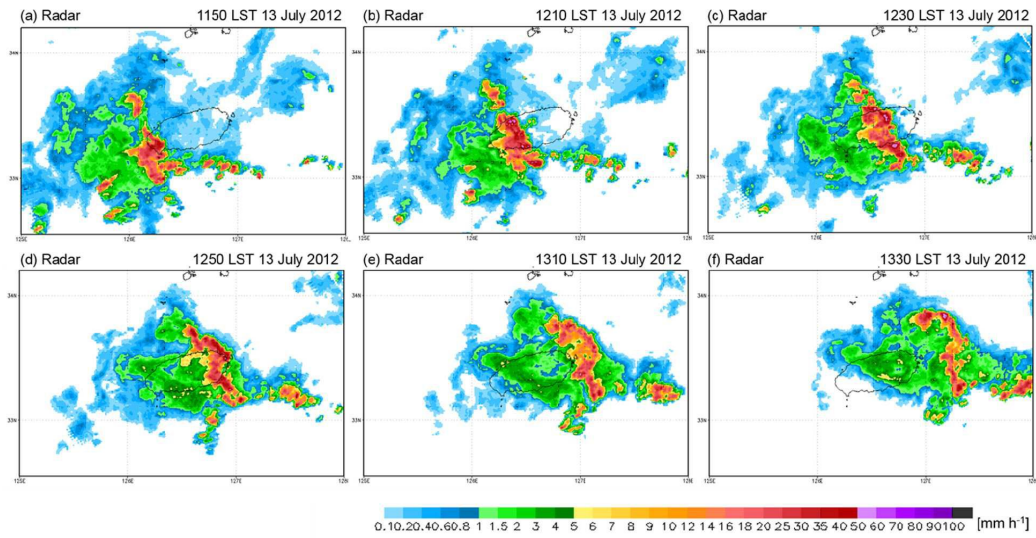
도면4



도면5



도면6



도면7

