

24 de outubro de 2002

The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique

Vicente, G.A., R.A. Scofield, W.P. Menzel, 1998: *The Operation GOES Infrared Rainfall Estimation Technique*, Bull. Amer. Meteor. Soc., vol. 79, 9, 1883-1898.

Este artigo descreve a técnica operacional do National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) at the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de estimativa de precipitação que utiliza dados de imagem de satélite infravermelho.

A técnica, conhecida como auto-estimador, tem como principal aplicação: a previsão de enchentes, modelos numéricos e para hidrologia operacional (uma ferramenta de complementação para os dados do NEXRAD-120 radares meteorológicos).

O método utiliza as temperaturas de brilho do infravermelho canal 4 (10.7 μm) dos satélites GOES8 e GOES9, e as converte a partir de uma relação de potência com a taxa de precipitação estimada pelo radar (ajustado com pluviômetros). Além disso, a taxa de precipitação são ajustadas para diferentes regimes de umidade, crescimento das células convectivas e gradientes espaciais das nuvens.

Metodologia do Método de Estimativa de Precipitação :

- Calcular a taxa de precipitação através de uma regressão de potência;
- Utilizar os índices de umidade relativa e água precipitável do modelo ET do National Centers for Environmental Prediction (NCEP);
- Separar pixels que estão chovendo ou não:
 - Crescimento e decaimento;
 - gradiente espacial;

a) Taxa de Precipitação XTB

A taxa de precipitação estimada pelo radar ajustada com pluviômetros (Região central dos US, Great Plain e Golfo do México) foram colocadas sobre a mesma projeção do satélite.

Médias foram calculadas para cada intervalo de Temperatura (1K);

$$R = 1.1183 \times 10^{11} \exp\{-3.6382 \times 10^{-12} T^{1.2}\}$$

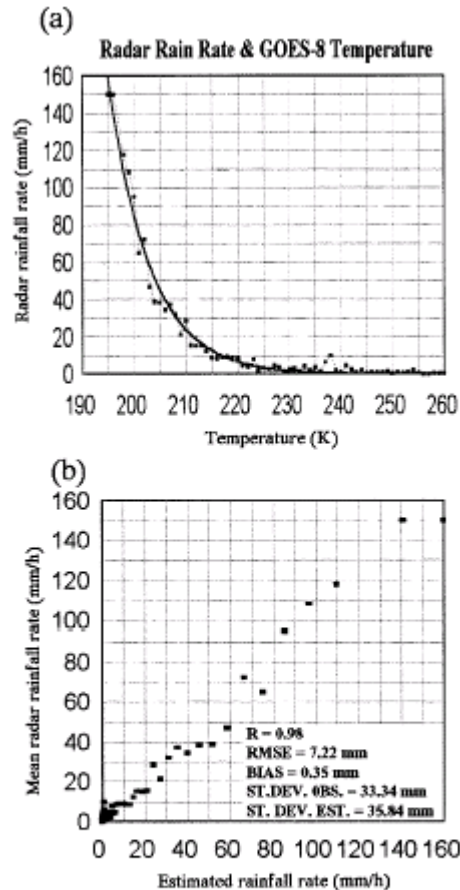


FIG. 1. (a) Mean rainfall rate for each temperature from 195.0 to 260.0 K computed from collocated pairs of radar-derived rainfall rate estimates and IR cloud-top temperature (dotted curve). Power-law fit between radar-derived rainfall estimates and cloud-top temperature (solid curve). (b) Scatterplot between the mean rainfall rate for different temperature and the regressed value.

b) Correção por umidade

A aplicação de uma simples curva de regressão entre temperatura e precipitação pode inserir erros, já que a relação entre temperatura do topo de nuvem e precipitação de chuva na superfície varia com o tipo de chuva (tempestades, pancadas de chuva, linhas de instabilidade, frentes, nimbus, cumulus congestus etc.), estação do ano, localidade, condições diversas nas camadas mais baixas, etc;

Scofield em 1987 já havia proposto uma correção na precipitação estimada pela umidade relativa, a qual poderia levar em consideração estas correções. Sendo que o fator de correção foi definido como o produto da água precipitável (PW), definido pela camada a partir da superfície até a altura de 500 mb, e a umidade relativa (RH) média entre a superfície e o nível de 500 mb. Sendo que as unidades de PW são em polegadas e RH em %.

Neste artigo, o fator PWRH é escalado para variar de 0 a 2:

$PWRH < 1$ → ambiente seco → Baseda tempestades é bem alta;
 $PWRH > 1$ → ambiente úmido

Este fator diminuirá a precipitação para ambientes secos e aumentará para ambientes úmidos.

Entretanto eles observaram que para temperaturas inferiores a 210K, há uma mudança muito rápida da taxa de precipitação, logo se o ambiente está úmido não haverá um aumento. Sendo assim eles criaram 2 condições:

- Se $T < 210K$ e $PWRH > 1$, a umidade do ambiente é bem alta, e precipitação não deve ser multiplicada por PWRH;
- Se $T < 200K$, a taxa de precipitação deve ser limitada a 72mm/h (isso se deve ao fato que os autores, argumentam que precipitação superior a este valor está associada a presença de granizo, e isso implicaria em um excesso de erro para precipitações que não possuem esta característica mesmo com temperaturas baixas)

c) Correção por taxa de crescimento da nuvem:

Esta correção é utilizada para discriminar os pixels que estão chovendo dos que não estão. Isto se baseia nos trabalhos de Woodley et al. (1972) e Scofield (1987), aonde eles observaram que as nuvens em processo de decaimento ou nuvens com tops frios mas que tornam-se quentes produzem muito pouca precipitação ou nenhuma.

O fator de correção nestes casos será 0 (sem chuva) ou 1 (com chuva). Este índice é calculado a seguir:

- Se os pixels mais frios da primeira imagem são mais frios na segunda, o sistema convectivo está se intensificando e os pixels da primeira imagem são associados com taxas de precipitação intensa. Fator = 1
- Se os pixels mais frios da primeira imagem são quentes na segunda, o sistema convectivo está enfraquecendo e os movimentos verticais estão cessando. Fator = 0
- Se não existirem nenhuma mudança de temperatura do topo da nuvem em duas imagens consecutivas (sem crescimento ou decaimento) o Fator = 1.

d) Correção pelo gradiente de temperatura:

A ideia é de buscar os pixels que estão acima da média da nuvem, e assim identificar os pixels associados com convecção ativa. Então tenta-se encontrar os

topos de nuvem mais altos (frios) e mais baixos (quentes) centrados em áreas de 3x3 pixels ($P_0 = (x_0, y_0)$).

3

Definindo a temperatura do topo da nuvem com $T = T(x, y)$, podemos calcular o máximo e mínimo a partir da primeira e segunda derivada de T no espaço:

$$T''_{x/x=x_0} = \frac{\partial^2 T}{dx^2_{x=x_0'}}$$

$$T''_{y/y=y_0} = \frac{\partial^2 T}{dy^2_{y=y_0'}}$$

$$T''_{x/x=x_0, y/y=y_0} = \frac{\partial^2 T}{dxdy_{x=x_0', y=y_0'}}$$

$$H = (T''_{x/x=x_0})(T''_{y/y=y_0}) - (T''_{x/x=x_0, y/y=y_0})$$

$$H > 0 \text{ and } \frac{\partial^2 T}{dx^2_{x=x_0'}} < 0 \rightarrow \text{máximo};$$

$$H > 0 \text{ and } \frac{\partial^2 T}{dx^2_{x=x_0'}} > 0 \rightarrow \text{mínimo};$$

$H < 0 \rightarrow$ não máximo e não mínimo;

$H = 0 \rightarrow$ não se sabe

Logo o fator pode ser ajustado como:

- Se P_0 é máximo, indica que a temperatura P_0 é mais fria que os vizinhos, Fator=1
- Se P_0 é mínimo, indica que a nuvem é mais baixa e quente que os vizinhos, logo, Fator=0
- Se P_0 não é nem mínimo nem máximo, indica que P_0 está na mesma altura que os demais, Fator=0
- Se P_0 não pode ser definido, o processo é recalculado a partir da média de 5x5 pixels

e) Cálculo da Precipitação final:

1-Versão taxa de crescimento:

$$PPT = R(\text{regressão}) \times \text{Fator}(PWRW) \times \text{Fator}(\text{Crescimento})$$

2-Versão gradiente:

$$PPT = R(\text{regressão}) \times \text{Fator}(PWRW) \times \text{Fator}(\text{Crescimento}) \times \text{Fator}(\text{gradiente})$$

Resultado e Considerações Finais:

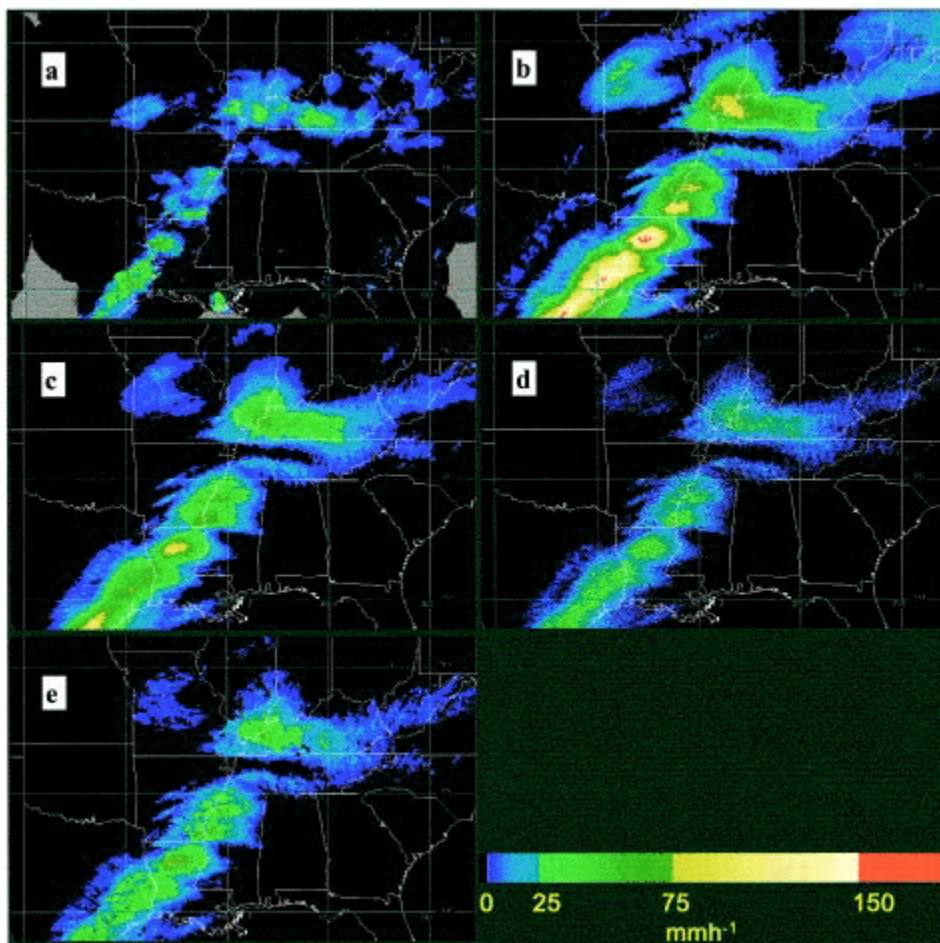


FIG. 3. The 3-h rainfall accumulation from 2000 to 2300 UTC 18 March 1997. (a) Gauge-adjusted radar. (b) IR cloud-top temperature only. (c) IR plus the moisture correction factor. (d) IR plus the moisture correction factor and the gradient correction factor. (e) IR plus the moisture correction factor and the growth rate correction factor.

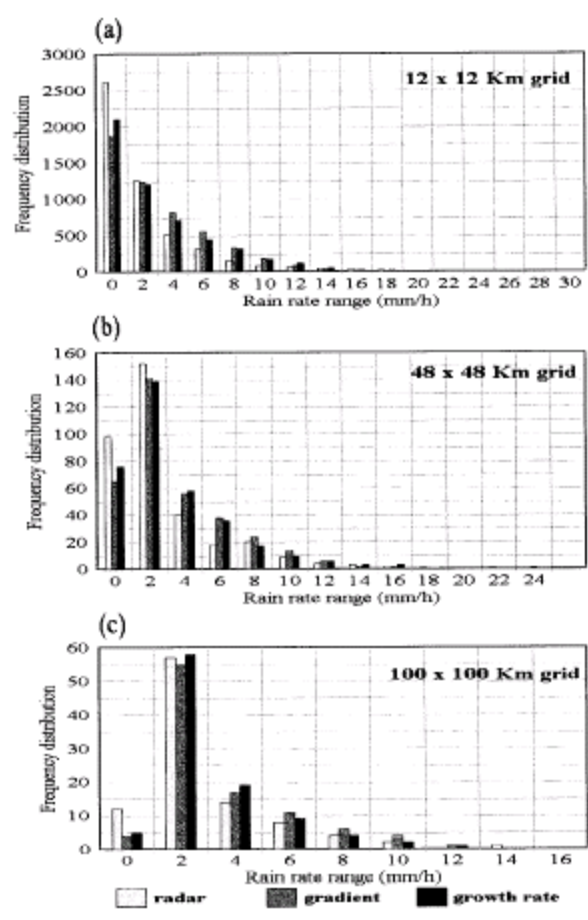


FIG. 5. Frequency distribution of minfall rate from radar-adjusted gauge, gradient, and growth version of the auto-estimator for (a) 12 x 12 km grid size, (b) 48 x 48 km grid size, and (c) 100 x 100 km grid size.

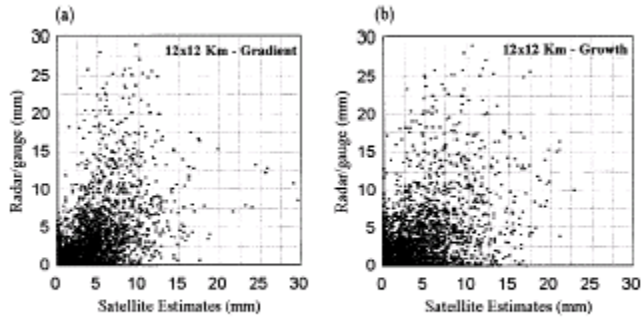


FIG. 6. Scatterplot of the auto-estimator estimates for all cases, 1-h interval versus radar-adjusted gauge for 12×12 km grid size. (a) Gradient version and (b) growth rate version.

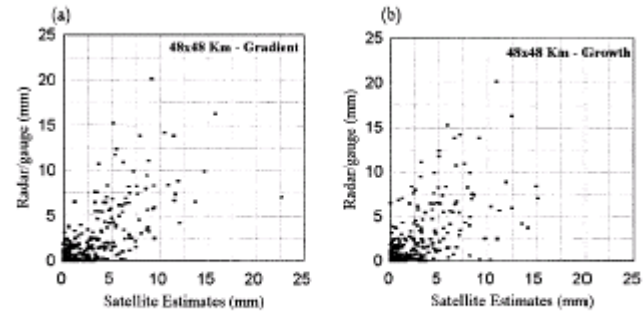


FIG. 7. Scatterplot of the auto-estimator estimates for all cases, 1-h interval versus radar-adjusted gauge for 48×48 km grid size. (a) Gradient version and (b) growth rate version.

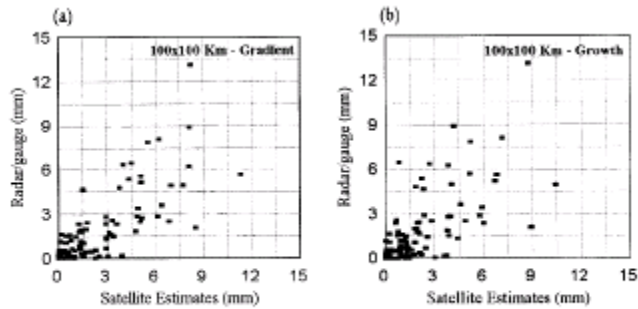


FIG. 8. Scatterplot of the auto-estimator estimates for all cases, 1-h interval versus radar-adjusted gauge for 100×100 km grid size. (a) Gradient version and (b) growth rate version.

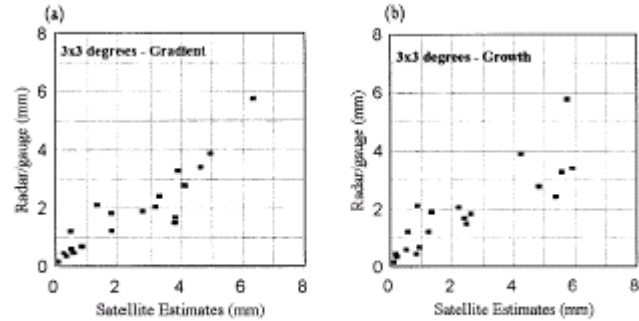


FIG. 9. Scatterplot of the auto-estimator estimates for all cases, 1-h interval versus radar-adjusted gauge for $3^\circ \times 3^\circ$ grid size. (a) Gradient version and (b) growth rate version.

