

전변동최소화문제를 리용한 한가지 흐려짐제거방법

원영준, 이정환

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《기초과학이 든든해야 나라의 과학기술이 공고한 토대우에서 끊임없이 발전할수 있습니다.》

우리는 정보기술 및 인공지능에서 중요한 분야의 하나로 되고있는 화상처리방법들중의 하나인 흐려짐제거방법에 대하여 연구하였다.

흐려짐제거는 화상처리에서 오래동안 연구되어오는 분야의 하나로서 흐려짐제거를 위한 효과적인 방법들이 많이 제기되였다. 흐려짐제거방법에는 화상강조방법, 편미분방정식을 리용한 흐려짐제거방법, 베이스방법을 리용한 흐려짐제거방법 등이 있다.

선행연구[1]에서는 베이스방법을 리용한 흐려짐제거방법을 제기하였으며 선행연구[2, 3]에서는 편미분방정식을 리용한 흐려짐제거방법을 내놓았다. 그러나 이러한 흐려짐제거 방법들은 화상에 잡음이 있는 경우 흐려짐제거가 잘 안되는 결함이 있다.

이로부터 논문에서는 흐려짐화상에 대하여 원화상과 그것의 흐려짐핵에 대한 사전정보를 주고 그에 기초하여 잡음제거 및 흐려짐제거를 진행함으로써 흐려짐제거의 성능을 갱신하였다.

1. 변분 및 편미분방정식을 리용한 화상흐려짐제거모형

일반적으로 화상은 촬영기 및 물체의 이동, 외부밝기 등의 영향을 받아 흐려지는 특성을 가지고있다. 이로부터 화상흐려짐에 대한 연구는 활발히 진행되고있다.

흐려짐이 있는 화상의 모형을 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$z(x, y) = \int u(x, y) * h(x, y) + n(x, y), (x, y) \in \Omega \quad (1)$$

여기서 $z(x, y)$ 는 잡음이 있는 관측화상, $u(x, y)$ 는 잡음이 없는 원래의 화상, $h(x, y)$ 는 흐려짐핵, $n(x, y)$ 는 가법적잡음이며 Ω 는 화상의 영역이다.

흐려짐제거는 관측화상 $z(x, y)$ 로부터 원래의 화상 $u(x, y)$ 를 얻어내는것이다.

이 문제를 풀기 위하여서는 $u(x, y)$ 와 $h(x, y)$ 에 대하여 충분한 사전정보를 주어야 하며 관측화상 $z(x, y)$ 에 대하여 초기에 먼저 잡음제거를 하여야 한다.

논문에서는 $u(x, y)$ 에 대한 사전정보로서 $u(x, y)$ 와 그것의 α 배 축소한 화상의 차에 대한 그라디언트의 성김성과 $h(x, y)$ 에 대한 사전정보로서 $h(x, y)$ 의 성김성 및 콤팩트받침성을 주려고 한다.

논문에서는 이 문제를 다음과 같은 변분문제로 풀려고 한다.

$$\min J_{TV}(u, h), J_{TV}(u, h) = \int_{\Omega} \alpha_1 \Phi_1(|\nabla u|) + \alpha_2 \Phi_2(h) + \frac{1}{2} (u * h - z)^2 dx dy \quad (2)$$

식 (2)에서 Φ_1 과 Φ_2 는 각각 u 와 h 에 대한 정규화항들로서 사전정보를 담고있으며 α_1 과 α_2 는 정규화무게이다.

식 (2)에서 u 와 h 를 동시에 추정하여야 하므로 이 문제를 u 와 h 를 하나씩 고정시키고 다른 변수를 추정하는 2개의 변분문제로 나눈다.

① h 를 고정하고 u 를 추정하는 문제

$$\min J_{TV}^1(u), J_{TV}^1(u) = \int_{\Omega} \alpha_1 \Phi_1(|\nabla u|) + \frac{1}{2} (u * h - z)^2 dx dy \quad (3)$$

② u 를 고정하고 h 를 추정하는 문제

$$\min J_{TV}^2(h), J_{TV}^2(h) = \int_{\Omega} \alpha_2 \Phi_2(h) + \frac{1}{2} (u * h - z)^2 dx dy \quad (4)$$

변분문제 (3)으로부터 다음의 초기조건을 가진 편미분방정식을 생각할 수 있다.

$$\begin{cases} u_t = -\alpha_1 \nabla \cdot \left(\Phi_1'(|\nabla u|) \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) + h * (u * h - z) \\ u^0(x, y) = z(x, y), (x, y) \in \Omega \\ \frac{\partial u}{\partial N}(x, y) = 0, (x, y) \in \partial\Omega \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)를 리용하면 흐려짐제거문제가 일반적으로 잘 정의되지 않는 문제이므로 흐려짐핵 h 에 대한 추정이 잡음의 영향을 받게 되며 결과적으로 흐려짐제거의 효과성 및 안정성을 담보할 수 없게 된다.

이로부터 논문에서는 식 (5)의 초기값으로 관측화상 $z(x, y)$ 대신에 편미분방정식을 리용하여 $z(x, y)$ 의 잡음을 제거한 $z_{dn}(x, y)$ 를 넣으려고 한다.

$$\begin{cases} u_t = -\alpha_1 \nabla \cdot \left(\Phi_1'(|\nabla u|) \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) + h * (u * h - z_{dn}) \\ u^0(x, y) = z_{dn}(x, y), (x, y) \in \Omega \\ \frac{\partial u}{\partial N}(x, y) = 0, (x, y) \in \partial\Omega \end{cases} \quad (6)$$

이제 사전정보를 반영하는 함수인 Φ_1 과 Φ_2 에 대하여 보자.

푸리에변환의 성질로부터 $\Im\{f(\alpha x)\} = \frac{1}{\alpha} \hat{f}\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)$ 가 성립하므로 본래의 화상 u 를 α 배 축소한 화상을 u^α 라고 하면 u^α 는 u 보다 선명한 화상으로 된다. 이로부터 함수 Φ_1 을

$$\Phi_1(|\nabla u|) = \rho(\nabla u, \nabla u^\alpha) \quad (7)$$

로 놓으려고 한다. 여기서 거리함수 ρ 는

$$\begin{aligned} \rho(\nabla u, \nabla u^\alpha) &= - \sum_j \log \left(\sum_i d(Q_j \nabla u, R_i \nabla u^\alpha) \right) \\ d(x, y) &= \frac{\exp(-\|x - y\|_1)}{1 + \exp(-\|x - y\|_1)} \end{aligned}$$

이다.

그리고 $\Phi_2(h) = \|h\|_2^2$ 으로 놓는다.

2. 화상흐려짐제거알고리즘 및 실험결과

변분 및 편미분방정식을 리용한 화상흐려짐제거알고리즘은 다음과 같다.

입력: $z(x, y)$: 흐려짐이 있고 잡음이 있는 화상

출력: $u(x, y)$: 흐려짐을 제거한 화상

① 입력화상 $z(x, y)$ 에 대하여 편미분방정식을 리용한 잡음제거를 진행하여 잡음이 제거된 화상 $z_{dn}(x, y)$ 를 얻고 흐려짐핵 $h(x, y)$ 에 대한 초기화를 진행한다.

② 편미분방정식을 리용한 흐려짐제거

ㄱ) 입력화상 $z_{dn}(x, y)$ 의 α 배 축소된 화상 z_{dn}^α 를 얻는다.

ㄴ) 흐려짐핵 h 와 α 배 축소된 화상 z_{dn}^α 를 고정하고 식 (6)을 리용하여 z_{dn} 을 추정한다.

ㄷ) z_{dn} 을 고정하고 흐려짐핵 h 를 추정한다.

③ 알고리즘의 반복조건판정

반복조건을 만족시키면 ②로 이행, 만족시키지 않으면 ④로 이행을 한다.

④ 알고리즘의 출력

$$u(x, y) = u_k(x, y)$$

알고리즘의 흐려짐제거효과성을 검사하기 위하여 다음과 같은 실험을 진행하였다. 자료기지[4]에 대하여 원래의 화상 u 에 흐려짐핵을 씌우고 잡음을 더한 화상 z 를 만들고 선행연구의 방법과 본문의 방법에 의하여 흐려짐을 제거하고 봉우리신호대잡음비를 계산하여 알고리즘의 효과성을 검증하였다. 봉우리신호대잡음비의 계산공식은

$$\text{RSME}(u, u^0) = \sqrt{\frac{\sum_{i,j} (u_{i,j} - u_{i,j}^0)^2}{mn}}$$

$$\text{PSNR} = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\text{RMSE}(u, u^0)} \right)$$

이다.

표. 실험결과

모형	본문의 방법	선행연구[2]의 방법	선행연구[1]의 방법
PSNR	19.39dB	17.98dB	16.25dB

본문에서 제기한 흐려짐제거방법이 잡음에 안정하면서도 효과적이라는것을 알수 있다.(표)

참 고 문 헌

- [1] K. Vladimir, E. Karen; IEEE Transactions on Image Processing, 14, 10, 1469, 2005.
- [2] S. Uwe, S. Kevin; Computer Vision and Pattern Recognition, Springs, 2625~2632, 2011.
- [3] S. C. Mariana; IEEE Transactions on Image Processing, 19, 1, 36, 2010.
- [4] Munir Shah et al.; Image and Vision Computing, 38, 52, 2015.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

A Deblurring Method Using Total Variation Minimization Problem

Won Yong Jun, Ri Jong Hwan

In this paper, we propose a robust deblurring method based on variation and PDE.

Keyword: total variation