

합성곱 신경망 및 영상처리 기법을 활용한 피부 모공 등급 예측 시스템

A Prediction System of Skin Pore Labeling Using CNN and Image Processing

이 태 희*, 황 우 성**, 최 명 렬**

Tae-Hee Lee*, Woo-Sung Hwang*, Myung-Ryul Choi**

Abstract

In this paper, we propose a prediction system for skin pore labeling based on a CNN(Convolution Neural Network) model, where a data set is constructed by processing skin images taken by users, and a pore feature image is generated by the proposed image processing algorithm. The skin image data set was labeled for pore characteristics based on the visual classification criteria of skin beauty experts. The proposed image processing algorithm was applied to generate pore feature images from skin images and to train a CNN model that predicts pore feature ratings. The prediction results with pore features by the proposed CNN model is similar to experts visual classification results, where less learning time and higher prediction results were obtained than the results by the comparison model (Resnet-50). In this paper, we describe the proposed image processing algorithm and CNN model, the results of the prediction system and future research plans.

요 약

본 논문은 사용자들에 의해 촬영된 피부이미지를 가공하여 데이터 세트를 구축하고, 제안한 영상처리 기법에 의해 모공 특징이미지를 생성하여, CNN(Convolution Neural Network) 모델 기반의 모공 상태 등급 예측 시스템을 구현한다. 본 논문에서 활용하는 피부이미지 데이터 세트는, 피부미용 전문가의 육안 분류 기준에 근거하여, 모공 특징에 대한 등급을 라벨링 하였다. 제안한 영상처리 기법을 적용하여 피부이미지로 부터 모공 특징 이미지를 생성하고, 모공 특징 등급을 예측하는 CNN 모델의 학습을 진행하였다. 제안한 CNN 모델에 의한 모공 특징은 전문가의 육안 분류 결과와 유사한 예측 결과를 얻었으며, 비교 모델(Resnet-50)에 의한 결과보다 적은 학습시간과 높은 예측결과를 얻었다. 본 논문의 본문에서는 제안한 영상처리 기법과 CNN 적용의 결과에 대해 서술하며, 결론에서는 제안한 방법에 대한 결과와 향후 연구방안에 대해 서술한다.

Key words : Skin, Pore, Image processing, CNN, Prediction

* Dept. of Electrical and Electronic Eng. Hanyang University

** Dept. of EECI Eng. Hanyang University

★ Corresponding author

E-mail : choimy@hanyang.ac.kr, Tel : +82-400-5214

※ Acknowledgment

Manuscript received Nov. 18, 2022; revised Dec. 14, 2022; accepted Dec. 22, 2022.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

2019년 COVID-19의 발병 이후 약 2년간 ‘사회적 거리두기’와 같은 방역정책과 사회적 인식으로 인해 소비자들 사이에서 직접 찾아가야하는 대면 서비스보다 온라인 언택트 서비스의 수요가 증가하며 기존 대면 서비스를 제공하던 다양한 산업 분야들이 언택트 온라인 서비스로 전환하고 있다. 특히 헬스케어 분야 중심으로 디지털 헬스케어 및 인공지능과 모바일을 활용한 다양한 서비스[1-3]에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 그 중 피부

미용 및 코스메틱 분야의 경우 기존의 적외선, 초음파 등의 전문 의료기기를 통한 코스메틱 서비스에서 스마트폰 카메라를 사용해 촬영된 피부이미지의 피부상태를 파악하는 다양한 언택트 코스메틱 서비스[4] 와 앱들이 적용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 사용자들로부터 확보된 피부이미지 데이터에 다양한 영상처리 기법들을 활용하여 환자의 피부상태를 파악하는 다양한 상태지표 중 대표적인 모공상태를 파악하기 위한 방법에 대해 설명한다. 본문에서 연구에 활용된 피부이미지와 모공상태 분석을 위한 영상처리 기법에 대해 설명하고 영상처리 후 생성된 특징이미지를 학습한 CNN 기반의 인공지능 모델에 대한 설명과 결과에 대해 분석한다. 결론에서 제안한 방법에 대한 정리 및 향후 연구방안에 대해 기술한다.

II. 본론

본 논문에서는 OpenCV를 활용한 다양한 영상처리 기법들을 활용하여 스마트폰 카메라로 촬영된 피부이미지에서 모공(Pore) 특징 검출을 위한 영상처리 기법과 생성된 특징이미지를 학습한 CNN 기반의 인공지능 모델을 활용한 모공상태의 등급분류 방법을 제안한다. 모공을 포함한 대표적인 피부상태 지표인 피부결(Skin Texture), 모공 내 피지(Comedo), 붉음증 특징 검출을 위한 영상처리 블록도는 Fig. 1과 같다.

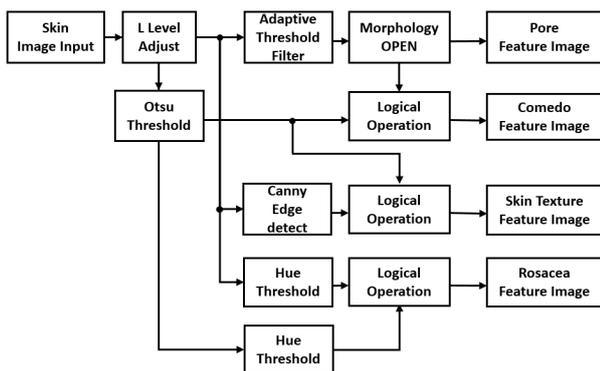


Fig. 1. Block diagram of Image Processing.
그림 1. 영상처리 블록도

본 논문에서는 Fig. 1에서 제안하는 영상처리 기법 중 모공에 대한 영상처리 기법을 활용하여 원본 피부이미지에서 모공 특징이미지를 생성하고 특징이미지를 학습한 CNN 기반의 인공지능 모델을 사용하여 모공의 크기에 대한 등급분류를 진행한다.

1. 피부이미지 데이터 세트

본 논문의 피부이미지는 실제 소비자들이 직접 촬영하여 업로드 한 4,391장의 피부이미지 중 4032×3024 해상도의 2,409장의 피부이미지를 표본 데이터로 사용하였다. 사용자가 직접 본인의 스마트폰으로 촬영하였기 때문에 촬영 당시 노출된 환경(해상도, 빛 노출, 흔들림 등)에 따라 이미지의 품질이 서로 상이하다. 본 논문에서는 데이터 중 가장 데이터 수가 많고 해상도가 높은 4032×3024 해상도의 이미지를 사용하였다. 촬영된 피부이미지는 전용 렌즈를 사용해 촬영되었으며, 전용렌즈는 5배율의 광학렌즈로 스마트폰에 부착하여 사용한다. 전용렌즈는 촬영거리를 일정하게 유지시켜주는 PC 재질의 가이드를 포함하고 있으며 피부에 완전 밀착하여 촬영하며 완전 밀착 시 피부에서 렌즈까지의 거리(이하 촬영거리)는 약 12.5mm이다. 전용 렌즈로 촬영된 이미지는 가이드를 포함하고 있기 때문에 이를 고려하여 관심영역(Region Of Interest)을 Fig. 2와 같이 지정하였다. 이 때 ROI의 실제 크기는 9mm×9mm 이다.

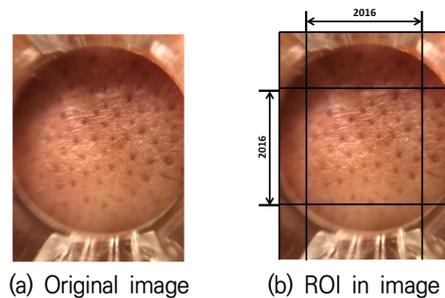


Fig. 2. Original skin image and ROI in image.
그림 2. 원본 피부이미지와 이미지 상의 관심영역(ROI)

각 이미지는 데이터를 제공한 피부미용 전문가의 육안 분류 기준에 근거하여 모공의 특징인 모공 크기별 5개의 등급으로 라벨링 되어있으며 Table 1은 등급을 육안으로 판별한 기준과 이를 디지털 이미지의 픽셀에 대한 기준을 나타낸다.

Table 1. Classification Image with Pore size.

표 1. 모공 크기 별 이미지 등급분류

Class	Diameter	Class with Pixel	#
1	1.5mm <	avg. area < 25	15
2	2.5mm <	avg. area < 75	1,478
3	3.5mm <	avg. area < 100	868
4	4.5mm <	avg. area < 140	45
5	4.6mm >	avg. area > 140	3

Table 1을 통해 각 등급별 이미지의 수의 차이가 있음을 확인할 수 있다. 1등급과 5등급의 경우 피부 이미지 속 모공의 크기가 매우 작거나 너무 큰 경우로 실제 피부에서도 분포가 적은 표본에 해당하며 대부분의 표본이 2등급과 3등급에 해당한다. 본 논문에서 제안하는 학습 모델은 각 등급의 분포가 아닌 특징이미지를 통한 모공 특징 등급을 예측하는 모델이기 때문에 부족한 데이터를 Rotation과 Translation Image Augmentation을 사용해 각 등급별 500장의 학습데이터 세트를 구성하여 학습을 진행하였다.

2. 모공 특징이미지를 위한 영상처리 기법

모공은 시각적으로 피부이미지 상에서 가장 도드라져 보이는 특징으로 주변 피부색 보다 짙은 형태의 원형형태가 불규칙적이게 분포하고 있다. 해당 특징을 활용하여 Fig. 3.과 같이 영상처리 기법들을 활용하여 특징을 추출하였다.



Fig. 3. Processing method for pore feature.
그림 3. 모공특징을 위한 이미지 처리 방법

각기 다른 환경에서 사용자가 임의로 촬영한 피부이미지의 특성상 특정 부분이 조명에 노출되어 있는 이미지들이 존재한다. Light removal 블록은 피부이미지의 빛의 노출로 인한 잡음을 제거하고 이미지 전체에 균일하게 만들어주는 동작을 식(1)과 같이 수행한다. Light removal 블록은 RGB 색 공간상의 피부이미지를 LAB 색 공간으로 변환하고 L(Luminance) 채널 이미지를 Median Filtering을 사용해 이미지의 조명정보를 얻고 반전시켜 원본 L 채널에 더해줌으로써 이미지 상의 빛의 노출영역을 제거해준다.

모공은 피부표면을 기준으로 음각으로 나타나고 주변 피부에 비해 어두운 특징을 갖고 있기 때문에 Threshold 처리로 피부표면과 구분할 수 있다. 피부는 사람에 따라 피부 톤이 달라지고 톤에 따라 색의 기준이 달라지기 때문에 본 논문에서는 Adaptive Mean Threshold를 사용하여 모공 특징을 검출하였다. 이미지 픽셀(i, j)의 값 P_{ij} 에 대한 Adaptive Mean Threshold Filtering은 식 (2)와 같으며 실험적으로 도출한 41×41 크기의 커널과 계산된 Th 로부터 -5 감소한 Threshold로 영상을 처리하였다.

Light Removal Equation (1)

$$Y_{org} = 0.212671 \times R_{org} + 0.715160 \times G_{org} + 0.180423 \times B_{org}$$

$$L_{org} = \begin{cases} 116 \times Y_{org}^{1/3} - 16 & Y_{org} > 0.008856 \\ 903.3 \times Y_{org} & else \end{cases}$$

$$L_{inv} = 255 - Median(L_{org})$$

$$L' = L_{org} + L_{inv} - 125$$

Adaptive Mean Threshold (2)

$$Th = \sum_{i=0}^{41} \sum_{j=0}^{41} \frac{P_{ij}}{41} \quad P'_{ij} = \begin{cases} 255 & P_{ij} \leq Th - 5 \\ 0 & else \end{cases}$$

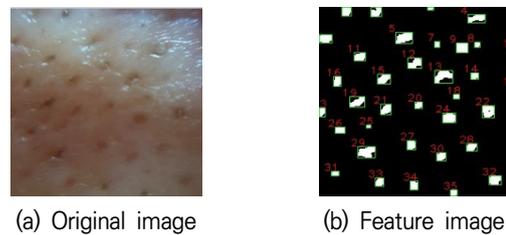


Fig. 4. Pore feature image with original image.
그림 4. 원본 피부이미지와 모공 특징 이미지

본 논문에서 제안하는 영상처리 기법으로 처리된 모공의 특징이미지는 Fig. 4와 같다. Adaptive Mean Threshold 블록을 거친 이미지는 피부이미지 상의 모공을 포함한 주변 피부표면보다 어두운 픽셀들이 모두 나타나게 된다. 모공 외 다른 노이즈들을 제거하기 위해 Morphology 블록을 거쳐 특징이미지가 생성된다. 이때 Morphology 연산은 형태학적 영상처리를 의미하며 이미지 외곽을 깎아내는 침식(Erosion)과 외곽을 확장하는 팽창(Dilation)으로 구분되며 본 논문에서는 부분적으로 나타나는 소규모 픽셀의 잡음을 제거하기 위해 침식 후 팽창 처리하는 Opening 방식의 Morphology 연산을 사용하였다.

3. CNN 기반의 모공특징 등급 예측 모델

본 절에서는 2절과 같이 처리한 특징이미지를 학습하여 모공의 특징인 모공의 크기 등급을 학습하고 예측하는 CNN 기반의 인공지능 모델에 대해 설명한다. 제안하는 모델은 2절의 모공 특징이미지를 입력받아 해당 모공 크기의 5가지 등급을 범주형(Categorical) 데이터의 형태로 예측한다.

피부이미지에서 생성한 모공 특징이미지의 특성상 이미지 데이터를 위한 학습에 적합한 합성곱 신경망 구조를 활용한 신경망 모델을 구성하였다. 제안된 신경망은

모공 특징이미지와 라벨링된 모공 크기 등급으로 학습을 진행하고 학습 후 신경망 모델의 특징이미지에 대한 실제 등급과 예측된 등급을 비교할 수 있다. Fig. 5는 데이터 피부이미지의 모공 크기 등급 예측을 위한 CNN 모델의 구조도이다.

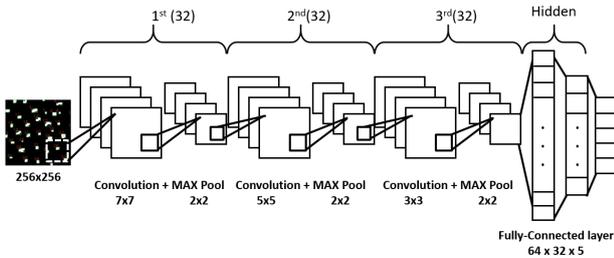


Fig. 5. CNN model architecture proposed.
그림 5. 제안된 CNN 신경망 구조도

사용된 CNN 신경망은 총 9 계층으로 구성되며 256×256 크기의 특징이미지를 입력 받아 각각 7×7, 5×5, 3×3 크기의 커널로 처리되는 32 채널의 합성곱 레이어와 각 합성곱 레이어 이후 2×2 커널의 최대값 풀링레이어로 Feature extraction 된다. Extraction 된 데이터는 3계층의 완전연결 레이어(Fully-connected layer)로 분류되고 각 계층별로 64, 32, 5개의 노드를 갖는다. 활성화 함수는 기울기 소실(Gradient vanishing) 문제를 방지하기 위해 마지막 완전연결 레이어를 제외한 모든 레이어에 ReLU 함수를 사용하였으며 마지막 5개의 노드 레이어는 등급분류 출력을 위해 Softmax 함수를 사용하였다.

제안된 신경망과의 비교를 위해 동일한 입·출력조건에서 ResNet-18과 ResNet-50 모델과 영상처리기법을 적용하지 않은 원본 이미지만을 학습한 신경망들을 사용하여 학습 및 예측을 진행하였다.

4. 피부이미지의 모공특징 등급 예측 결과

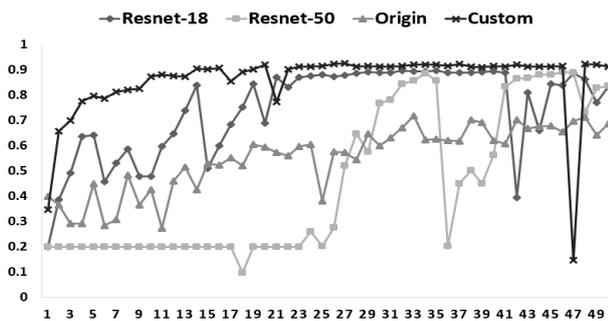


Fig. 6. Training result of four models.
그림 6. 사용된 네 개 모델의 학습 결과

Table 2. Training result of four models.

표 2. 사용된 모델의 학습 결과

Model	32×32		64×64		256×256	
	time	Acc	time	Acc	time	Acc
Resnet 18	27m 26s	82.9	25m 48s	83.4	3h 2m	78.9
Resnet 50	45m 41s	70	58m 25s	83.7	10h 47m	82.9
Original model	46s	51.4	3m 19s	68.6	1h 14m	83.4
Proposed model	38s	82.9	2m 53s	91.4	1h 1m	83.4

Table 3. Predict time for single image of each models.

표 3. 한 장의 이미지에 대한 모델 별 예측시간

Model	Resnet 18	Resnet 50	Original model	Proposed model
32×32	0.04479s	0.62800s	0.05500s	0.07000s
64×64	0.05071s	0.65077s	0.04400s	0.07172s
256×256	0.07698s	0.74881s	0.04701s	0.07734s

Table 4. Prediction result of two models.

표 4. 사용된 모델의 예측 결과

Class	Original Image/ Real class	Feature Image/ Predict Result
Class 1		
	R: 1	P: 1
Class 2		
	R: 2	P: 2
Class 3		
	R: 3	P: 3
Class 4		
	R: 4	P: 4
Class 5		
	R: 5	P: 5

3절에서 제안한 두 개의 신경망 모두 Categorical Cross Entropy 손실함수와 64개의 배치 사이즈로 50 epoch동안 학습을 진행하였으며 Fig. 6은 네 개 모델의 학습과정을 나타내는 그래프이다. 입력 이미지의 크기를 각각 32×32, 64×64, 256×256으로 변화시켜 학습을 비교하였으며 Table 2는 입력 이미지 크기에 따른 모델 별 학습 소요시간과 정확도를 나타낸 표이다.

Table 3은 각 모델 별 한 장의 이미지에 대한 모델 별 예측 소요시간을 나타낸 표이다. 학습 및 예측결과를 통해 가장 높은 정확도와 비교적 적은 예측시간을 소요하는 64×64 크기의 이미지를 입력받는 제안하는 모델의 경우가 가장 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

Table 4은 동일한 원본이미지에 대하여 올바르게 예측한 원본 이미지와 특징 이미지, 예측 결과를 나타낸 표이다. ResNet -50 모델은 원본이미지를 입력했을 때 예측결과가 육안상의 등급과 동일하게 결과가 출력되지만, 등급 대비 모공 수가 적거나 Rotate나 Translate 된 이미지에 대해서 동일한 이미지 임에도 예측이 잘못되는 현상을 확인할 수 있었다. 제안된 CNN 모델의 경우 1절에서의 Table 1의 기준에 따라 모공특징의 등급을 예측

하면서 육안 상으로 차이가 잘 나타나지 않는 이미지들에 대해 1등급 사이의 오차가 발생함을 확인할 수 있었다. Table 5는 각 모델 별 오차가 발생한 원본 이미지와 특징 이미지, 예측 결과를 나타낸 표이다.

III. 결론

본 논문은 사용자들에 의해 촬영된 피부이미지를 활용하여 피부의 상태를 파악하는 지표 중 하나인 모공에 대한 특징이미지 생성을 위한 영상처리 기법과 CNN 기반의 신경망 모델을 설계하고 특징이미지를 학습하여 모공 특징에 대한 등급 예측을 구현하였다. 제안하는 신경망 모델은 실제 피부에서도 분포가 적은 1등급과 5등급의 피부이미지 데이터 부족과 육안으로 분류한 등급 라벨링으로 인해 다소 낮은 정확도를 보이지만 비교모델보다 짧은 학습시간과 높은 정확도를 보여주었다.

피부이미지에서 모공을 검출하는 연구가 진행된 사례 [5]가 있지만 본 논문은 실제 사용자에 의해 촬영된 피부 이미지 데이터를 활용하여 영상처리 및 신경망 모델로 피부미용 전문가의 모공상태 등급을 예측할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 모델은 스마트폰으로 촬영된 피부이미지 기반 피부의 모공상태 등급 분류에 사용될 수 있으며 실제 언택트 코스메틱 서비스에 일부 적용이 진행 중에 있다.

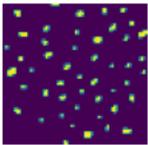
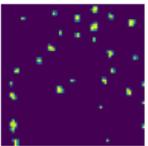
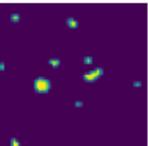
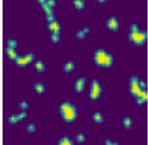
향후 언택트 코스메틱 서비스의 지속적인 운영과 확산으로 더 많은 피부이미지 데이터를 확보하여 이를 활용한 신경망 설계의 고도화와 향후 모공의 수에 대한 등급 라벨링 및 예측에 대한 연구를 진행할 예정이다. 또한 본 논문은 피부의 상태를 진단하는 피부 상태지표 중 모공만을 다루었지만 모공 내 피지, 피부결, 붉음증에 대한 영상처리기법을 활용한 등급예측 신경망 모델에 대한 연구를 진행 중에 있으며 이에 대한 고도화를 진행할 예정이다.

References

[1] J. K. Bae, "The Exploratory Study for the Applifition of Artificial Intelligence in Smar Healthcare," *Korean Association of Logos Management*, vol.19, no.4, pp.180-197, 2021.
 [2] N. Y. Park and et al., "Understanding the digital health care experience based on eHealth

Table 5. Wrong prediction of two model.

표 5. 사용된 모델의 예측 결과

Class	Original Image/ Real class	Feature Image/ Predict Result
Proposed Model		
	R: 2	P: 3
Proposed Model		
	R: 3	P: 2
ResNet 50		
	R: 4	P: 1
ResNet 50		
	R: 3	P: 2

literach: Focusing on the Seoul citizens,” *Korea J Health Educ Promt*, vol.39, no.4. pp.67-76, 2022.

DOI: 10.14367/kjhep.2022.39.4.67

[3] K. H. Baek and E. N. Ha, “Mobile-based Digital Healthcare Platforms: Smart Wellness,” *Archives of Design Research(ADR)*, vol.34, no.1. pp.110-113, 2021.

DOI: 10.15187/adr.2021.02.34.1.101

[4] H. G. Park and et al, “Image-Based Skin Diagnosis Using AI Technology Combine with Survey System for Review of integrated Skin Diagnosis Function,” *The Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT)*, vol.8, no.3. pp.463-468, 2022.

[4] H. G. Park and et al, “Image-Based Skin Diagnosis Using AI Technology Combine with Survey System for Review of integrated Skin Diagnosis Function,” *The Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT)*, vol.8, no.3. pp.463-468, 2022.

DOI: 10.1007/s13555-022-00833-8

[5] K. K. Lee and et al, “Shooting Distance Adaptive Pore Extraction for Skin condition Estimateion,” *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol.52, no.8. pp.106-114, 2015. DOI: 10.5573/ieie.2015.52.8.106

Woo-Sung Hwang (Member)



2004 : BS degree, School of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University.
2006 : MS degree, Dept. of Electronic, Electrical, Control & Instrumentation Engineering, Hanyang University.

2006~2007 : Research Engineer, Hi-tek

2007~ : Ph.D course, Dept. of EECI Engineering, Hanyang University.

Myung-Ryul Choi (Member)



1983 : BS degree, Dept. of Electronics Engineering, Hanyang University.

1985 : MS degree, Dept. of Electrical and Computer Eng., Michigan State University.

1991 : Ph.D degree, Dept. of Electrical and Computer Eng., Michigan State University

1991~1992 : Research Engineer and Assistant Prof., KITECH

1992~ : Professor, School of Electronics Engineering, Hanyang University.

BIOGRAPHY

Tae-Hee Lee (Member)



2021 : BS degree, School of Electronics Engineering, Hanyang University.

2023: MS candidate, Dept. of Electrical and Electronic Eng., Hanyang University.