

Classificação de Dígitos Manuscritos em Imagens Ruidosas

Explorando o uso e a adaptação conjunta de redes neurais para classificação e remoção de ruído

Gabriel Eduardo Lima¹
Ricardo de la Rocha Ladeira²
Eder Augusto Penharbel²

¹Universidade Federal do Paraná
gabriel.lima1@ufpr.br

²Instituto Federal Catarinense Campus Blumenau
{ricardo.ladeira, eder.penharbel}@ifc.edu.br

10 de abril de 2024



1. Introdução
2. Trabalhos Correlatos
3. Materiais e Métodos
4. Projeto e Resultado dos Experimentos
5. Conclusão
6. Referências

Problema: Redes neurais e dados ruidosos [3].

Abordagem: Pré-processamento e *autoencoders* [10, 11].

Questionamento: Desenvolvimento conjunto dos modelos?

Escopo: Classificação de dígitos manuscritos.

Contribuição: Exploração (teórica e prática) de ideias.

Objetivo geral: **explorar** o incremento na taxa de acertos de um classificador de imagens por meio do uso e da adaptação de uma rede *autoencoder* para remoção de ruído.

Classificação de imagens de dígitos manuscritos [1, 2, 5].

Classificação de imagens na presença de dados ruidosos [6–9, 13].

Treino de redes neurais em conjunto para solucionar problemas relacionados [4, 12].

Metodologia:

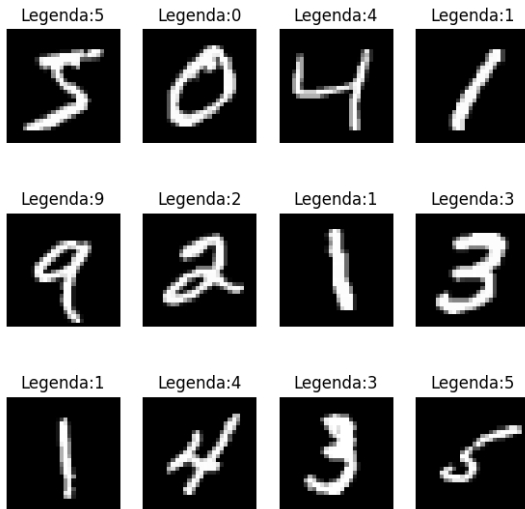
- Pesquisa experimental;
- Experimentos I, II, III e IV.

Materiais:

- Redes neurais *Multilayer Perceptron* MLP;
- Conjunto de dados *Modified National Institute of Standards and Technology* (MNIST) [2];
- Ruído Gaussiano Estacionário Aditivo;
- Métrica: Acurácia.

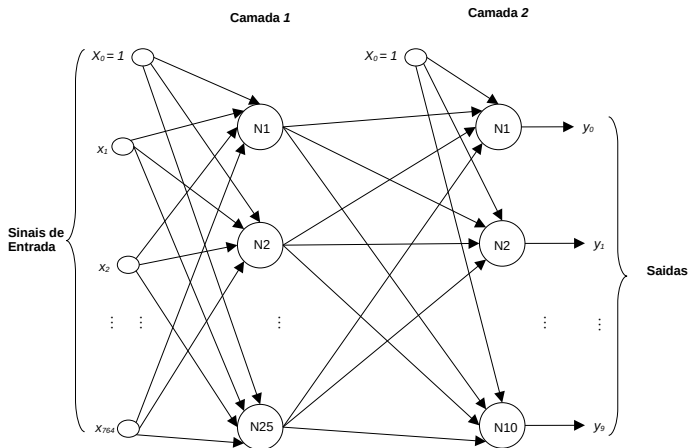
Experimento I: Classificação de imagens

Figura: Exemplos de imagens pertencentes ao conjunto de dados MNIST e suas respectivas legendas.



Experimento I: Classificação de imagens

Figura: Arquitetura do modelo de classificação desenvolvido.



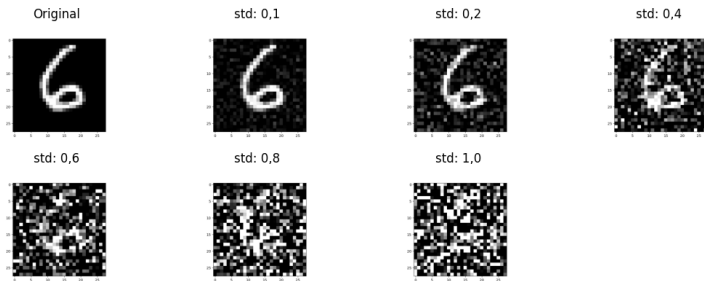
Experimento I: Classificação de imagens

Tabela: Acurácia (treino e validação) de classificação em relação às épocas 1, 5 e 10.

Época	Acurácia média Treino (%)	Acurácia média Validação (%)
1	85,63	91,57
5	93,56	92,97
10	94,57	93,61

Experimento II: Ruído

Figura: Imagem (dígito 6) do conjunto de validação para diferentes níveis de ruído.



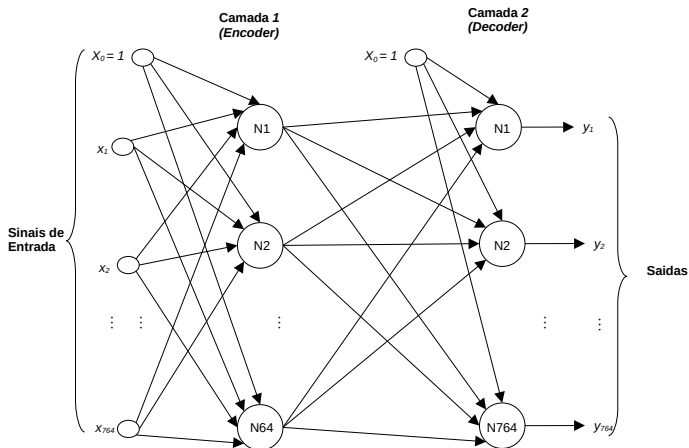
Experimento II: Ruído

Tabela: Acurácia média de classificação em relação a diferentes níveis de ruído.

Variação do nível de ruído (std)	Acurácia média de classificação (%)
0,1	88,18
0,2	81,66
0,4	61,38
0,6	44,58
0,8	33,72
1,0	27,02

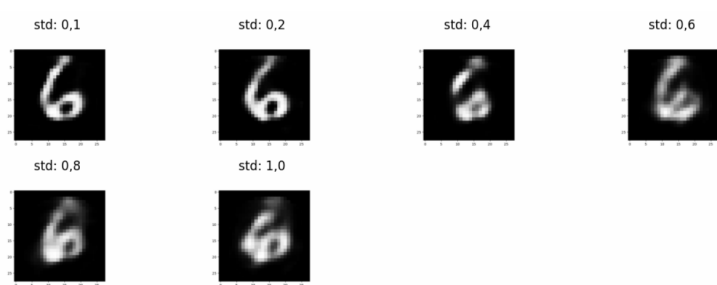
Experimento III: Pré-processamento

Figura: Arquitetura *autoencoder* MLP implementada pelos modelos de remoção de ruído.



Experimento III: Pré-processamento

Figura: Saída dos removedores de ruído (10 épocas) para entrada ruidosa referente ao dígito 6.



Experimento III: Pré-processamento

Tabela: Acurácia média de classificação em relação a imagens ruidosas pré-processadas pelos respectivos modelos de remoção de ruído treinados em 1 e 10 épocas.

Variação de ruído (std)	nível	Acurácia média de classificação (%) Removedor de ruído 1 época	Acurácia média de classificação (%) Removedor de ruído 10 épocas
0,1		76,92	86,73
0,2		73,71	84,76
0,4		61,69	77,47
0,6		55,89	63,71
0,8		52,85	54,58
1,0		39,70	50,85

Experimento IV: Adaptação

Termo de erro (última camada):

$$eN_i = (-y_i + \hat{y}_i) \cdot \text{logsig}'(v_i) \quad (1)$$

Termo de erro adaptado (última camada):

$$e\hat{N}_i = (\phi(-y_i + \hat{y}_i) + \omega E^c[k]) \cdot \text{logsig}'(v_i) \quad (2)$$

Configurações ϕ e ω exploradas:

$$C = \left\{ \begin{array}{l} (+1, 0; -1, 0), (+0, 8; -0, 2), (+0, 5; -0, 5), \\ (+1, 0; -0, 5), (+1, 0; +1, 0), (+0, 5; 0, 5), \\ (+1, 0; +0, 5), (+0, 8; +0, 2) \end{array} \right\} \quad (3)$$

Experimento IV: Adaptação

Tabela: Acurácia média de classificação de imagens (com diferentes níveis de ruído) pré-processadas pelos respectivos modelos de remoção de ruído treinados com as configurações (ϕ, ω) .

Configuração (ϕ, ω)	Acurácia média de classificação (%)					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$(\phi = +1,0, \omega = -1,0)$	75,80	73,96	68,29	66,31	52,64	41,46
$(\phi = +0,8, \omega = -0,2)$	80,38	79,62	65,84	61,36	52,40	42,91
$(\phi = +0,5, \omega = -0,5)$	70,05	74,12	69,86	68,78	54,77	42,14
$(\phi = +1,0, \omega = -0,5)$	82,66	80,82	75,75	67,75	60,69	48,26
$(\phi = +1,0, \omega = +1,0)$	66,17	63,33	26,90	15,07	28,58	15,91
$(\phi = +0,5, \omega = +0,5)$	57,30	60,60	42,93	9,74	24,91	9,74
$(\phi = +1,0, \omega = +0,5)$	69,82	70,55	51,29	33,60	29,64	28,24
$(\phi = +0,8, \omega = +0,2)$	72,49	72,57	54,69	46,16	39,24	34,13

Conclusões:

- Ruído: redução da taxa de acertos;
- Pré-processamento: aumento de classificações corretas;
- Adaptação proposta: melhoria na taxa de acertos (em menos épocas).

Trabalhos futuros: expandir, reproduzir e formalizar.

Referências I

- [1] Alejandro Baldominos, Yago Saez e Pedro Isasi. "A survey of handwritten character recognition with MNIST and EMNIST". Em: *Applied sciences* 9.15 (ago. de 2019), p. 16. DOI: 10.3390/app9153169. URL: <http://dx.doi.org/10.3390/app9153169>.
- [2] L. Bottou et al. "Comparison of classifier methods. a case study in handwritten digit recognition". Em: *IAPR*. Vol. 3. IEEE, 1994, pp. 77–82.
- [3] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio e Aaron Courville. *Deep Learning*. London, England: MIT Press, 2016, p. 775.
- [4] Ya Li et al. "Classification and representation joint learning via deep networks". Em: *Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence*. California: International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, 2017.
- [5] Cheng-Lin Liu et al. "Handwritten digit recognition. benchmarking of state-of-the-art techniques". Em: *Pattern recognition* 36.10 (2003), pp. 2271–2285. DOI: 10.1016/s0031-3203(03)00085-2. URL: [http://dx.doi.org/10.1016/s0031-3203\(03\)00085-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0031-3203(03)00085-2).
- [6] Mohammad Momeny et al. "A noise robust convolutional neural network for image classification". Em: *Results in engineering* 10 (2021), p. 100225. DOI: 10.1016/j.rineng.2021.100225. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100225>.
- [7] Tiago S. Nazaré et al. "Deep convolutional neural networks and noisy images". Em: *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications*. Vol. 10657. Springer International Publishing, fev. de 2018, pp. 416–424.
- [8] Sudipta Singha Roy, Mahtab Ahmed e Muhammad Aminul Haque Akhand. "Classification of massive noisy image using auto-encoders and convolutional neural network". Em: *International Conference on Information Technology (ICIT)*. IEEE, out. de 2017, pp. 971–979.
- [9] Sudipta Singha Roy, Mahtab Ahmed e Muhammad Aminul Haque Akhand. "Noisy image classification using hybrid deep learning methods". Em: *Journal of Information and Communication Technology* 17.2 (abr. de 2018). DOI: 10.32890/jict2018.17.2.8253. URL: <http://dx.doi.org/10.32890/jict2018.17.2.8253>.

- [10] Pascal Vincent et al. "Extracting and Composing Robust Features with Denoising Autoencoders". Em: *International Conference on Machine Learning*. Helsinki, Finland: Association for Computing Machinery, 2008, pp. 1096–1103. DOI: 10.1145/1390156.1390294. URL: <https://doi.org/10.1145/1390156.1390294>.
- [11] Pascal Vincent et al. "Stacked Denoising Autoencoders. Learning Useful Representations in a Deep Network with a Local Denoising Criterion". Em: *J. Mach. Learn. Res.* 11 (dez. de 2010), pp. 3371–3408.
- [12] Qiang Xu et al. "Multi-Task Joint learning model for segmenting and classifying tongue images using a deep neural network". Em: *Journal of biomedical and health informatics* 24.9 (2020), pp. 2481–2489. DOI: 10.1109/JBHI.2020.2986376. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/JBHI.2020.2986376>. IEEE.
- [13] Yiren Zhou, Sibo Song e Ngai-Man Cheung. "On classification of distorted images with deep convolutional neural networks". Em: *International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. IEEE, 2017.

Classificação de Dígitos Manuscritos em Imagens Ruidosas

Explorando o uso e a adaptação conjunta de redes neurais para classificação e remoção de ruído

Gabriel Eduardo Lima¹
Ricardo de la Rocha Ladeira²
Eder Augusto Penharbel²

¹Universidade Federal do Paraná
gabriel.lima1@ufpr.br

²Instituto Federal Catarinense Campus Blumenau
{ricardo.ladeira, eder.penharbel}@ifc.edu.br

10 de abril de 2024