

POJETO DE PESQUISA FUZZY¹

Alexsandra de Andrade Oliveira², Clênia Andrade de Oliveira Melo³, Robson Magalhães⁴, Rogerio Barbosa Chaves⁵

RESUMO

As mais variadas espécies de organismos no ambiente estabelecem formas de associação, o principal objectivo do qual é a sobrevivência. A associação mútua entre os Fungos Micorrízicos Arbuscular (FMA) e a maioria das raízes das plantas é chamado Micorrízal Arbuscular (AM). Usando estas associações e com o conhecimento prévio da quantidade de Esporos AMF, é possível definir as quantidades apropriadas para a aplicação de fertilizantes numa determinada área, reduzindo os seus desperdícios. O objectivo deste estudo é propor e investigar a eficiência de uma contagem semi-automatizada método, utilizando um modelo baseado em Rede Convolucional (CNN), como identificadores e classificadores de imagens de esporos AMF. O estudo avalia o desempenho deste método. A Transformada Circle Hough (CHT) é utilizada como uma ferramenta de processamento para as imagens a serem classificadas pela CNN. O resultado mostrou que o modelo desenvolvido é viáveis, com taxa de classificação de cerca de 99.5%, quando comparadas com o método de contagem manual.

PALAVRAS CHAVE: deep learning, esporos de fungos micorrizos, redes convolucionais.

FUZZY RESEARCH PROJECT

ABSTRACT

The most varied species of organisms in the environment establish forms of association, the main objective of which is survival. The mutual association between Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and most plant roots is called Arbuscular Mycorrhizal (AM). Using these associations and with prior knowledge of the amount of AMF Spores, it is possible to define the appropriate amounts for fertilizer application in a given area, reducing its waste. The objective of this study is to propose and investigate the efficiency of a semi-automated counting method, using a Convolutional Network (CNN) based model, as identifiers and classifiers of AMF spore images. The study evaluates the performance of this method. Circle Hough Transform (CHT) is used as a processing tool for the images to be classified by CNN. The result showed that the developed model is feasible with classification rate of about 99.5% when compared to the manual counting method.

KEYWORDS: deep learning, spores of mycorrhizal fungi, convolutional networks.

INTRODUÇÃO

Os esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são aliados apropriados no processo de reabilitação do solo^[1] e no crescimento de plantas mesmo em áreas degradadas^[2-4]. As hifas, que têm origem em esporos, são os filamentos que se desenvolvem no sistema radicular das plantas formando uma rede conhecida como micélio^[5]. O micélio contribui para a absorção de água e nutrientes pelas plantas,

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Docente do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

⁴ Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia.

⁵ Discente do curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

principalmente as menos solúveis, tais como fósforo, zinco e cobre^[5,6]. Assim, a qualidade do solo pode ser caracterizada pela contagem dos esporos de FMA presentes numa amostra, a qual é normalmente realizada manualmente^[7].

A contagem de objetos, em primeiro lugar, requer capacidades de reconhecimento, seja por contacto visual ou por registo fotográfico. Segundo Shamir et al. ^[8], o reconhecimento de objectos específicos está a desafiar o trabalho dentro do reconhecimento de padrões, especialmente se as imagens estudadas apresentarem diferentes objectos para além daqueles a serem reconhecidos. Qualquer processo de contagem manual pode ser automatizado utilizando um modelo baseado em software, exigindo técnicas que imitem os sentidos humanos ^[8].

ANN têm sido utilizados como modelos classificadores em muitos estudos. Este artigo avalia a eficácia de um modelo de contagem semi-automatizado para esporos de AMF em imagens digitalizadas utilizando uma combinação variante de CHT e ANN, proposta por Changyi et al. ^[9]. O método proposto aplica o CHT como uma técnica de processamento de imagem, identificando e extraíndo os esporos individualmente através de software; e utiliza o ANN como modelo classificador.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados uma base de imagens de esporos e não esporos de fungos micorrizos que foi criado anteriormente. Além disso, foram utilizados a plataforma kaggle e a Placa Nvidia Jetson TX2 para o processamento da rede convolucional.

◆ Base de Imagens

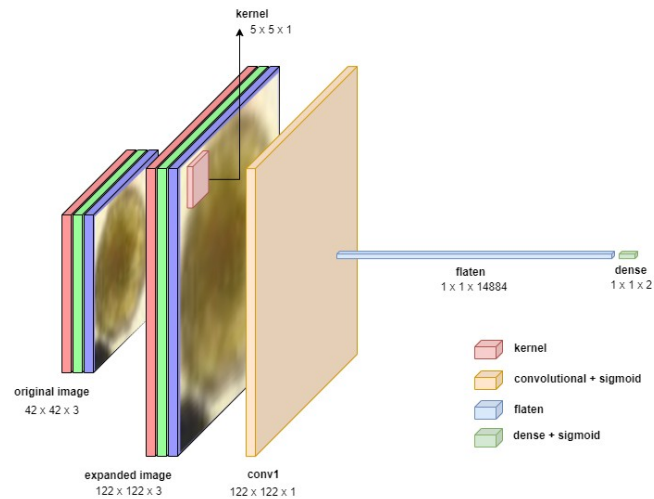
As 40 imagens que compõem o repositório foram processadas por CHT, cortando e redimensionando sub-fotos, no tamanho 42x42 e padrão RGB de cores, gerando uma base de dados com 1.282 padrões. Estas imagens foram separadas da seguinte forma: um conjunto de 18 imagens gerou 807 padrões e estes foram utilizados na formação. As restantes 22 imagens geraram 475 padrões. Estes padrões foram utilizados como um conjunto de testes. A quantidade total de padrões contidos em cada imagem foi bastante variada, pelo que as 18 imagens do conjunto de treino geraram mais padrões do que as 22 imagens utilizadas no conjunto de teste.

◆ Estrutura básica da CNN

Os modelos baseados na CNN variam em profundidade e estrutura. Aqui, para conceber o nosso modelo, utilizamos a CNN mais simples possível com apenas uma camada de convolução e sem camadas de agrupamento (Figura 01)

A camada convolutiva gera um mapa de características de saída ao fazer girar a subimagem de entrada expandida com um conjunto de filtros de convolução (kernel) implementados por partilha de peso. Tipicamente, nas CNNs, a maioria dos parâmetros treináveis estão associados a camadas convolutivas. Neste trabalho, os filtros de convolução (kernel) do nosso modelo são 5x5x1 com um passo de um ^[12].

FIGURA 01 – Estrutura da Rede Neural Convolucional.



Fonte: Robson Magalhães.

◆ Análise estatística

O MCM estabeleceu a classificação e quantidade de esporos considerados como referência para este estudo para o qual o modelo seria comparado. Para isso, o teste Kappa analisou a concordância entre os métodos^[10]. Utilizamos o método proposto por Landis & Koch^[11] para interpretar os valores obtidos pelo teste Kappa, considerando a seguinte classificação de concordância: 0.00: fraco; $0.01 \geq k \geq 0.20$: insignificante; $0.21 \geq k \geq 0.40$: razoável; $0.41 \geq k \geq 0.60$: moderado; $0.61 \geq k \geq 0.80$: substancial; e $0.81 \geq k \geq 1.00$: quase perfeito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do experimento pode ser visualizado logo abaixo, na tabela 01.

TABELA 1 – Resultado da Rede Neural Convolutional.

Treino		Teste				
Conjunto	Número de padrões acumulados	Imagem	Número de novos padrões	CNN		Precisão (%)
				FP	FN	
S01	807	I1	11	0	0	100%
S02	818	I2	19	0	1	95%
S03	837	I3	15	0	0	100%
S04	852	I4	21	0	0	100%
S05	873	I5	41	0	0	100%
S06	914	I6	40	0	0	100%
S07	954	I7	38	0	0	100%
S08	992	I8	16	0	0	100%
S09	1008	I9	18	0	0	100%
S10	1026	I10	14	0	0	100%
S11	1040	I11	11	0	0	100%
S12	1051	I12	10	0	0	100%
S13	1061	I13	9	0	0	100%
S14	1070	I14	7	0	0	100%
S15	1077	I15	22	0	1	95%

S16	1099	116	21	0	0	100%
S17	1120	117	77	0	1	99%
S18	1197	118	12	0	0	100%
S19	1209	119	19	0	0	100%
S20	1228	120	21	0	0	100%
S21	1249	121	19	0	0	100%
S22	1268	122	15	0	0	100%
Precisão (%)						99.5 %

Fonte: autores.

Além dos resultados da tabela acima, a aplicação do teste Kappa na rede mostra que o modelo se enquadra dentro da gama de categorias "quase perfeito", pois o valor do teste Kappa foi de $k \sim 0,98$, apresentado p-valor $< 0,0001$, muito significativo.

CONCLUSÕES

Os resultados provam a eficiência das Redes Convolucionais para a classificação e contagem semi-automatizada de esporos de FMA. A exatidão nas imagens testadas atingiram um nível significativo de 99.5% no modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sieverding E. Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ 1991. p 371.
- [2] Goetten LC, Moretto G, Stürmer SL. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on-farm and phosphorus on growth and nutrition of native woody plant species from Brazil. *Acta Bot Brasilica* 2016;30. pp. 9–16.
- [3] Li H, Luo N, Zhang LJ, et al. Do arbuscular mycorrhizal fungi affect cadmium uptake kinetics, subcellular distribution and chemical forms in rice? *Sci Total Environ.* 2016;571:1183-1190.
- [4] Riaz M, Kamran M, Fang Y, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi-induced 18mitigation of heavy metal phytotoxicity in metal contaminated soils: A critical review. *J Hazard Mater.* 2021;402:123919.
- [5] Barea JM. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae as Modifiers of Soil Fertility. *Adv. Soil Sci.*, vol. 15, Springer New York; 1991. pp. 1–40.
- [6] Siqueira JO, Saggin-Júnior OJ. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza* 2001;11. pp. 245–55.
- [7] Schenck NC, Perez Y. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications, Gainesville, Florida; 1990.
- [8] Shamir L, Delaney JD, Orlov N, Eckley DM, Goldberg IG. Pattern recognition software and techniques for biological image analysis. *PLoS Comput Biol* 2010;6. doi:10.1371/journal.pcbi.1000974.
- [9] Changyi X, Lihua Z, Minzan L, Yuan C, Chunyan M. Apple detection from apple tree image based on BP neural network and Hough transform. *Int J Agric Biol Eng* 2015;8. pp. 46–53.
- [10] Carletta J. Assessing Agreement on Classification Tasks: The Kappa Statistic. *Comput Linguist* 1996;22. pp. 249–54.
- [11] Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33. pp. 159–74.
- [12] Zhang, J., Guo, M. & Fan, J. A novel CNN structure for fine-grained classification of Chinese calligraphy styles. *IJDAR* 22, 177–188 (2019). <https://doi.org/ez427.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10032-019-00324-1>.