



Developing an Optimal Model for Predicting the Severity of Wheat Stem Rust (Case study of Arsi and Bale Zone)

Alhely González Luna

2024-09-26

<https://arxiv.org/pdf/2402.10492>



Tabla de contenidos

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Introducción

Motivación: Wheat Stem Rust (roya negra del tallo del trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión



Wheat Stem Rust (roya negra del tallo del trigo)

Escuela de Ciencias de la Computación
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Etiopía es el segundo mayor productor de trigo en el Subsahara o África no mediterránea, se considera la principal fuente de alimentación de la población etiope, particularmente en las montañas, donde el 95% de la producción a gran escala se debe a pequeños granjeros. Las montañas Arsi y Bale son los mayores productores de trigo en Etiopía.

Aunque la producción de trigo en Etiopía ha aumentado, la media nacional es de aproximadamente 21.25 toneladas/hectárea, sin embargo, se encuentra muy por debajo de la media mundial de 33.3 toneladas/hectárea. Lo que se atribuye principalmente a pocas y pobres variedades del grano, distribución desproporcionada de lluvias, pobres prácticas agronómicas, y a plagas como la roya negra. Las montañas Arsi y Bale son zonas conductoras de esta última plaga.



Introducción

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Un país en desarrollo como Etiopía utiliza métodos tradicionales para prevenir este tipo de enfermedades como la aplicación de pesticidas en fechas fijas del año. Este método incrementa el riesgo al medio ambiente e impacta el costo del grano. Esta plaga en particular es capaz de destruir el 100% de los cultivos en semanas. Un sistema de alerta temprana es el mejor método para controlar la prevalencia de la roya negra.



Motivación:Wheat Stem Rust (roya negra del tallo del trigo)

Facultad de Ciencias de la Computación
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

La roya negra del tallo del trigo es un tipo de hongo que ataca las partes de la planta que se encuentran por encima del suelo, es considerada la principal amenaza en la producción mundial de trigo, debido a que el 80 a 90% de las variedades cultivadas actualmente son susceptibles a esta enfermedad.

Su propagación y aparición está influenciada por varios factores como la resistencia del hongo, la variedad y condiciones meteorológicas, la relación entre estos factores es no lineal.

Las redes neuronales tienen ventajas cuando se trabaja con problemas no lineales. En este trabajo se desarrollan tres opciones de RN para predecir la severidad del hongo: Multilayer Perceptron (MLP), Radial Basis Forward Neural Network (RBFNN) y d General Regression Neural Network (GRNN)



Áreas de estudio

Centro de Estudios de Ciencias Exactas y Naturales
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFFN

GRNN

Resultados

Conclusión

El presente estudio se condujo en los distritos de Arsi y Bale en las montañas del sudeste de Etiopía, ambas áreas localizadas en Oromia y son estados representativos en la producción de trigo.

Bale se encuentra 2300 msnm, con dos temporadas de lluvia llamadas Boona (Julio a Diciembre) y Ganna (Marzo a Junio), con un rango anual de 875 mm de precipitación las temperaturas varían entre 13° C y 30° C



Datos recolectados

Escuela de Ciencias de la Computación
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Los patrones de entrada representan los factores que impactan el desarrollo del hongo, tales como los temporales de lluvia, temperatura, humedad, variedad de grano y los valores de salida representan la severidad de la plaga.



Datos meteorológicos

Centro de Estudios de Ciencias Exactas y Naturales
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Se recolectaron datos meteorológicos del 2000 al 2018 de estaciones de clima cercanas a las dos zonas de interés, en particular de los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, que son las principales temporadas de cosecha. Las variables seleccionadas son:

Variable	Unidad
Promedio mensual de precipitación	mm
Promedio, mínimo y máximo de temperatura mensual	(°C)
Promedio, mínimo y máximo de humedad relativa mensual	g/m^3

Se utilizaron los datos entre el 2000 y 2016 para entrenamiento y de 2017 a 2018 para prueba.



Datos de la plaga

Centro de Estudios de Control de Plagas
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Los datos sobre la severidad de la plaga se obtuvieron de 43 cultivos comerciales durante el 2000-2018 mediante Ethiopia, Sinana y Kulumsa Agricultural Research Centers.

Se registró el porcentaje estimado de áreas de la hoja afectadas utilizando la Escala modificada de Cobb que mide la intensidad de la infección. Se registraron los tipos de infección en distintas etapas de crecimiento de la planta y se convirtieron a un coeficiente de infección usando el método de Loegering. En este trabajo se utilizaron los datos recolectados anualmente en la etapa temprana del desarrollo de la planta, se evaluó la severidad de la plaga por parcelas completas de cultiv y su tratamiento. Las esporas del hongo afectando las parcelas son de origen natural.

Se utilizaron los datos entre el 2000 y 2016 para entrenamiento y de 2017 a 2018 para prueba.



Preprocesamiento

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Escuela de Ingeniería y Tecnología
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

- Los datos de entrada se normalizaron utilizando el método de mínimos y máximos mapeando los datos entre -1 y 1.
- La variedad de trigo que es categórica se codificó a un valor numérico.
- Por último se definió un vector de 3 entradas para representar la severidad de la infección:
 - Alto: (1,0,0)
 - Medio: (0,1,0)
 - Bajo: (0,0,1)



Inputs/Outputs

Escuela de Ciencias de la Computación
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Design Parameter	Input variables	Numerical code
X1	Rainfall	Numerical value
X2	Maximum Temperatures	Numerical value
X3	Minimum Temperatures	Numerical value
X4	Average Temperatures	Numerical Value
X5	Relative Humidity	Numerical value
X6	Wheat Variety	Categorical Value

Table 2. Summary of Output Variable

Output Variables	Categorical value	Numerical code	Normalized output value
The severity level of stem rust	High	3	(1,0,0)
	Medium	2	(0,1,0)
	Low	1	(0,0,1)



Número de neuronas

Se diseñó una red solo con una capa oculta y una de salida, se llevaron a cabo experimentos para decidir el número óptimo de neuronas

No	Number of Hidden Neuron	Training function	Transfer function		Divine function	Learning Function	Best validation performance (MSE)	Epoch
			Hidden layer	Output layer				
1	3	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDERAND	LERANGDM	0.061806	11
2	4	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDERAND	LERANGDM	0.059907	9
3	5	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDERAND	LERANGDM	0.061895	8



Número de neuronas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Table 4. Best validation performance results with Divide function

No	Number of Hidden Neuron	Training function	Transfer function		Divine function	Learning Function	Best validation performance (MSE)	Epoch
			Hidden layer	Output layer				
1	6	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDEIND	LERANGDM	0.053712	9
2	7	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDEIND	LERANGDM	0.064297	4
3	8	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDEIND	LERANGDM	0.064087	11
4	10	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDEIND	LERANGDM	0.061059	8
5	12	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDEIND	LERANGDM	0.061676	6



Funciones transfer

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

No	Number of Hidden Neuron	Training function	Transfer function		Divine function	Learning Function	Best validation performance (MSE)	Epoch
			Hidden layer	Output layer				
1	8	TRAINLM	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.049962	7
2	8	TRAINLM	TANSIG	TANSIG	DIVIDERAND	LERANGDM	0.050125	5
3	7	TRAINLM	LOGSIG	TANSIG	DIVIDERAND	LERANGDM	0.050277	11



Funciones de aprendizaje

Proyecto de Aprendizaje Computacional
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

No	Number of Hidden Neuron	Training function	Transfer function		Divine function	Learning Function	Best validation performance (MSE)	Epoch
			Hidden layer	Output layer				
3	8	TRAINLM	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.049962	7
6	6	TRAINLM	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGD	0.053118	10



Algoritmo de aprendizaje

Facultad de Ciencias de la Computación
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

No	Number of Hidden Neuron	Training function	Transfer function		Divine function	Learning Function	Best validation performance (MSE)
			Hidden layer	Output layer			
1	8	Trainlm	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.049962
2	7	Trainbfg	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.058244
3	8	Trainrp	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	DIVIDERAND	0.054246
4	12	Traingdx	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.053174
5	8	Trainseg	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.052486
6	8	Traincgb	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.054275
7	7	Trainoss	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.053312
8	8	Traincgf	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.050915
9	10	Traingdm	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.083611
10	7	Traingd	LOGSIG	PURELIN	DIVIDERAND	LERANGDM	0.077421



MLP Final

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

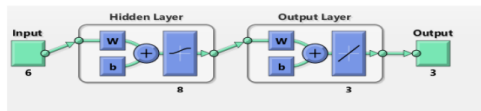
RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

- Una capa oculta con 8 neuronas
- logsig and purelin as transfer function
- learnnsgdm as learning function
- trainlm as training function
- 70/15/15 data split
- $MSE = 0.049962$.





Número de neuronas ocultas (base radial), centros y radio

Se utilizó el método de mínimos cuadrados ortogonales para elegir los centros uno a uno hasta que se construye la red final con el objetivo de minimizar el MSE

Model No	Spread	Nº of hidden neurons	Mean Square Error (MSE)	Epoch
1	0.1	510	0.0101568	500
2	0.2	656	0.0100134	650
3	0.3	746	0.0114062	700
4	0.4	919	0.0104852	900
5	0.5	1064	0.0101949	1050
6	0.6	1118	0.0103292	1100
7	0.7	1157	0.0101277	1150
8	0.8	1190	0.0109623	1150
9	0.9	1218	0.0104709	1200
10	1.0	1230	0.0106513	1200
11	1.1	1277	0.01068	1250
12	1.2	1361	0.0102154	1350

13	1.3	1604	0.0101233	1600
14	1.4	2000	0.0115874	2000
15	1.5	2000	0.0130079	2000
16	1.6	2000	0.0148809	2000
17	1.7	2000	0.0169153	2000
18	1.8	2000	0.0187552	2000
19	1.9	2000	0.0196425	2000
20	2.0	2000	0.0209732	2000



Estructura Final

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

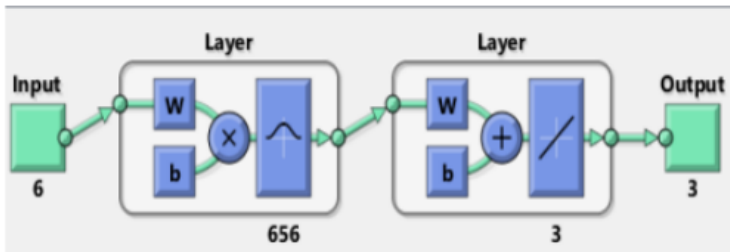
MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión





Smoothing Factor σ

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

El factor σ cambia el grado de generalización de la red

Model No	Smoothing factor	Mean Square Error (MSE)
1	0.1	0.0170
2	0.2	0.0443
3	0.3	0.0556
4	0.4	0.0612
5	0.5	0.0655
6	0.6	0.0696
7	0.7	0.0735
8	0.8	0.0771
9	0.9	0.0803
10	2.0	0.0832



Estructura final

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

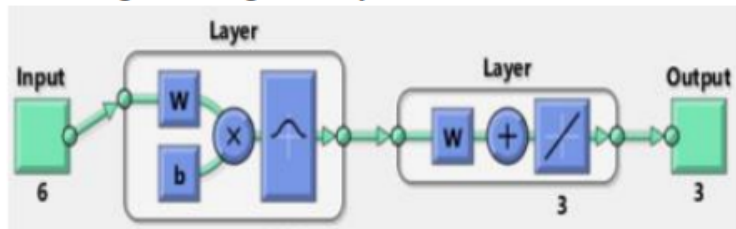
MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión





Comparación de modelos

Facultad de Ciencias de la Computación

Introducción

Motivación:
Wheat Stem
Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFNN

GRNN

Resultados

Conclusión

Model	Training				Testing			
	(RMSE)	(R)	Determination coefficient (R^2)	Mean Absolute error (MAE)	RMSE	R	R^2	MAE
MLP	0.224	0.86489	0.7450	0.0520	0.07	0.835	0.70	0.036
RBFNN	0.10	0.97726	0.955	0.0408	0.03	0.98	0.81	0.028
GRNN	0.13	0.96158	0.925	0.0488	0.010	0.99	0.98	0.018



Conclusión y trabajos futuros

Centro de Ciencias de Computación
Escuela de Ingeniería y Tecnología

Introducción

Motivación:

Wheat Stem

Rust (roya negra
del tallo del
trigo)

Metodología

Datos

MLP

RBFIN

GRNN

Resultados

Conclusión

La tabla anterior indica que el modelo GRNN tiene una buena capacidad de predicción con el menos tiempo de entrenamiento. Se planea incluir otras áreas de estudio además de las dos presentadas aquí.