



Taller 2: Aplicación de Lógica difusa en una exportadora de frutas

En la primera experiencia de este curso se aplicaron los conceptos de la *Lógica de Primer Orden* sobre un problema de origen industrial: modelar el programa de selección de carozo de una exportadora de frutas. En esta segunda experiencia, se utilizará una aproximación diferente al mismo problema, utilizando otro tipo de lógica, la ***lógica difusa*** o ***fuzzy logic***.

La Lógica de Primer Orden permite representar la realidad, pero tiene desventajas que no la hacen la mejor alternativa, por ejemplo, si decimos que el selector de defectos identificó un nivel de cobertura de manchas leve y por lo tanto se considera que el fruto es exportable y por lo tanto es enviada a alguna de las salidas de embalaje, ¿cómo podemos decir que algo es bajo?, ¿qué es bajo? ¿es bajo menos de 15%? ¿es bajo menos de 5%?. Bajo el escenario anterior se abre el camino a la **ambigüedad**, donde la lógica difusa se utiliza para representar la realidad de mejor manera.

Dentro de la lógica difusa tenemos una **función de pertenencia** (μ) que toma cualquier elemento R^n de un **conjunto discurso** (X) y obtiene infinitos posibles valores de pertenencia, dentro del intervalo $[0,1]$. Es decir, por cada elemento del conjunto discurso, este tiene un valor de pertenencia, el cual se interpreta como su grado de pertenencia al conjunto difuso.

$$\mu : R^n \rightarrow [0, 1]$$

Con lo anterior se define el **conjunto difuso** (A), como el conjunto de todos los elementos del conjunto discurso y sus respectivos valores de pertenencia.

$$\begin{aligned} X &= \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \text{ con } x_i \in R^n, \forall i = 1, \dots, n \\ A &= \{\mu(X)/X\} \\ A &= \{\mu(x_1)/x_1, \mu(x_2)/x_2, \mu(x_3)/x_3, \dots, \mu(x_n)/x_n\} \end{aligned}$$

La lógica difusa permite que **agentes inteligente** tomen decisiones o acciones en base a entradas que reciben de su entorno, siguen el proceso de 3 pasos que se describe a continuación:

1. **Fusificación:** En este punto se reciben las entradas desde el entorno y se fusifican, se lleva el valor numérico o nítido obtenido por un sensor, y se proyecta a un valor lingüístico, con su respectivo valor de pertenencia de algún conjunto difuso.
2. **Sistema de Inferencia:** Los valores fusificados previamente, son aplicados a un conjunto de reglas predefinidas para el sistema, aplicando algún método de inferencia y se obtienen la consecuencia lógica de la entrada, por lo tanto la acción del agente.



3. **Desfusificación:** En este último punto, se aplica sobre el resultado de la Inferencia, algún método, como el Centro de Área (COA) o Bisector de Área (BOA) para calcular los resultados nítidos que toma el agente y realizar las acciones pertinentes e interactuar con el entorno.

CONTEXTO

Para esta experiencia se considera el mismo contexto señalado con anterioridad en la primera experiencia de taller.

En una exportadora de frutas donde se procesa la cereza fresca el proceso productivo implica la utilización de líneas de embalaje para la postcosecha de este fruto, las cuales cuentan con subprocesos como Vaciado, Selección, Embalaje, Paletización. La Figura 2 muestra los procesos y en qué consisten.

Figura 1: Procesos de producción en Línea de embalaje de cereza



Fuente: Elaboración propia.

La Selección es el proceso más importante dentro de la línea de embalaje, ya que permite separar el fruto según tamaño o calibre y sus defectos, en la Figura 2 se puede visualizar



una línea de embalaje de cerezas con dos selectores (ver en el fondo de la imagen). Estos selectores toman múltiples fotos por segundo al fruto, lo pesan y lo miden, lo primero permite obtener detalles de los defectos mediante la aplicación de distintos filtros e intensidades de luces, y lo último asegura que para diferentes rangos de peso y dimensión, los frutos sean clasificados en los calibres correspondientes.

En esta ocasión, se debe modelar el selector de fruta de una línea de producción usando Python. Se requiere el uso de la librería *scikit-fuzzy*^[1] para generar una representación gráfica que explique de mejor manera el trabajo realizado con los conjuntos difusos, las reglas de inferencia y los cálculos para obtener los resultados.

El método de selección del selector utiliza conceptos de lógica difusa para detectar los defectos del fruto, mediante una ráfaga de fotografías (fotoexposición).

Las características del selector y el proceso de selección se presentan a continuación:

- La entrada del selector es un conjunto de 10 líneas donde los frutos pasan alineados en serie uno tras otro, posición mediante la cual el selector hace sus lecturas.
- El selector tiene brazos plásticos que cuentan con un mecanismo de liberación que depositan la fruta en líneas de transporte llenas de agua a las salidas de embalaje correspondientes.
- Cuenta con múltiples cámaras que toman múltiples fotografías al fruto por segundo.
- Las fotografías tomada por el selector permiten entre cosas:
 - **Calibre:** es el diámetro del fruto. Para considerar la salida de embalaje.
 - **Forma:** es la forma que tiene el fruto según la razón entre su diámetro máximo y la altura del fruto desde la base del pedúnculo hasta el lado opuesto. $Forma = \frac{Diámetro}{Altura}$
Los posibles niveles son: {Angosta, Normal, Ancha}.
 - **Firmeza de la pulpa:** es el nivel de firmeza del fruto en cuanto a la detección de partes blandas. Los posibles niveles son: {Verde, Madura, Podrida}.
 - **Cobertura:** es el nivel de cobertura de manchas que tiene el fruto. Los posibles niveles son: {Leve, Parcial, Completa}
- El fruto sale del selector con 3 acciones resultantes, estas son:
 - **Línea de salida del fruto:** asociada a las salidas explicadas en la Tabla 1.
 - **Niveles capturados en el selector:**
 - Forma
 - Firmeza de pulpa.
 - Cobertura de manchas.
 - **Calidad de comercialización del fruto.** Los posibles niveles son: {Exportable, Comercial, Desecho}.

[1] Visitar <https://pypi.org/project/scikit-fuzzy/>



Tabla 1: Distribución de salidas y calibres en línea de embalaje

Salidas	Calibre (diámetro en mm)	Salidas	Calibre (diámetro en mm)
1	18	9	26
2	19	10	27
3	20	11	28
4	21	12	29
5	22	13	30
6	23	14	31
7	24	15	32
8	25	16	Desecho

Fuente: Elaboración propia en base a datos de InfoAgro.com¹

○

Implemente un programa en el cual el usuario indique como argumentos a través de la línea de comandos:

- La altura de la cereza (en mm).
- El diámetro del fruto (en mm).
- Transparencia del fruto (% de visibilidad en la fotoexposición).
- Cobertura de las manchas en el fruto (% de cobertura de manchas en la fotoexposición).

Los reglas de inferencia para implementar el sistema se encuentran descritas en la Tabla 2. Como resultado, el programa debe entregar en un archivo *.txt el resultado de las inferencias realizadas con el formato mostrado en este ejemplo:

Cereza_<Altura>_<Diámetro>_<Transparencia>_<Cobertura>.txt
Niveles capturados: Calibre: 27 mm Forma: Normal

¹ Calibre para fruta pequeña, cerezas y picotas. Forma de tabla o anillas. Diámetro de 18 a 32 mm
https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=10551&_calibre_para_fruta_pequena_cerezas_y_picotas_forma_de_tabla_o_anillas_diámetro_de_18_a_32_mm_tienda_on_line

[1] Visitar <https://pypi.org/project/scikit-fuzzy/>



Firmeza de la pulpa: Verde
Cobertura de manchas: Sin manchas
Comercialización: Exportación
Número salida: 10

Tabla 2: Reglas de inferencia del sistema

ANTECEDENTE			CONSECUENTE
Forma	Firmeza de pulpa	Cobertura de manchas	Comercialización
Angosta	Verde	Leve	Exportación
Angosta	Verde	Parcial	Comercial
Angosta	Verde	Completa	Desecho
Angosta	Madura	Leve	Exportación
Angosta	Madura	Parcial	Comercial
Angosta	Madura	Completa	Desecho
Angosta	Podrida	Leve	Desecho
Angosta	Podrida	Parcial	Desecho
Angosta	Podrida	Completa	Desecho
Normal	Verde	Leve	Exportación
Normal	Verde	Parcial	Exportación
Normal	Verde	Completa	Desecho
Normal	Madura	Leve	Exportación
Normal	Madura	Parcial	Exportación
Normal	Madura	Completa	Desecho
Normal	Podrida	Leve	Desecho
Normal	Podrida	Parcial	Desecho
Normal	Podrida	Completa	Desecho



Ancha	Verde	Leve	Exportación
Ancha	Verde	Parcial	Exportación
Ancha	Verde	Completa	Desecho
Ancha	Madura	Leve	Exportación
Ancha	Madura	Parcial	Comercial
Ancha	Madura	Completa	Desecho
Ancha	Podrida	Leve	Desecho
Ancha	Podrida	Parcial	Desecho
Ancha	Podrida	Completa	Desecho

Fuente: Elaboración propia.

Escribir un reporte del desarrollo del taller, este debe incluir:

1. Portada
2. Resumen del trabajo
3. Desarrollo:
 - a. Explicar un caso particular del problema, donde elija una de las reglas de inferencia del sistema y exponer gráficamente con el uso de los gráficos incorporados en *scikit-fuzzy*. *Se piden los siguientes gráficos:*
 - i. Gráfico de “Forma” con las variables lingüísticas correspondientes.
 - ii. Gráfico de la “Firmeza de pulpa” con las variables lingüísticas correspondientes.
 - iii. Gráfico de la “Cobertura de manchas” con las variables lingüísticas correspondientes.
 - iv. Gráfico con el resultado de la inferencia obtenida de los tres gráficos anteriores en la regla elegida.
 - v. Exponer como ecuaciones los cálculos realizados para obtener los resultados.
4. Análisis de resultados.
 - a. Realizar una comparativa entre la lógica clásica y la lógica difusa a partir de la experiencia realizada. Ventajas y desventajas de usar algún tipo de lógica al abordar estos problemas.
 - b. Comparar la experiencia con el taller anterior de LPO.
5. Conclusiones



NOTAS IMPORTANTES:

- La transparencia del fruto hace referencia al análisis lumínico que realiza el selector en la foto y permite determinar la firmeza del fruto, según el porcentaje de visibilidad a través del fruto durante la fotoexposición.
- Se deben implementar los conjuntos difusos necesarios para cumplir con las reglas definidas en el recuadro
- Se debe aplicar la desfusificación con:
 - a. Centro de Área (COA).
 - b. Bisector de un Área (BOA).
- Los valores de la desfusificación se aproximan a la expresión conocida más cercana hacia arriba. Ejemplo: Tiempo = 3.8 ~ 5
- Se debe utilizar la implicación o inferencia de Mamdani.
- Para la entradas considere que la lavadora mide por sí sola el peso de la carga de ropa, por otro lado, la cantidad de detergente es determinada por la persona que usará la lavadora.

Debe ser desarrollado en **equipos de 4 personas**. Descuento de 0.5 si no se conforman equipos.

No olvidar buenas prácticas y comentar el código.

Formato

Se debe entregar un archivo en formato ZIP, con el apellido de los integrantes separados por guiones bajos (e.g. Apellido1_Apellido2_Apellido3_Apellido4.zip). Este archivo contendrá:

- Una carpeta con el nombre "*src*" que contiene:
 - Código fuente con la base de conocimientos en Prolog.
- Un archivo con el nombre "*manual.txt*" que explique la compilación o interpretación del código fuente.
- Un informe en formato pdf con el nombre "*informe.pdf*" con las características descritas anteriormente y las consideraciones correspondientes para la creación de los conjuntos difusos, valores nítidos límites para fusificar, variables lingüísticas, etc. Incluir nombre de los integrantes, fecha, profesor y ayudante.

Fecha de entrega: Miércoles 15 de Enero 2020 a las 23:55 a través de Usachvirtual.

¿Dudas? Correo: nicolás.olivares.g@usach.cl

Links importantes: Python 2.7 [<https://www.python.org/download/releases/2.7/>]