



جامعة دمشق

كلية الهندسة المعلوماتية



Fuzzy Logic

المنطق الضبابي

## Fuzzy logic system for predicting the likelihood of a product purchase

تقرير إنجاز المشروع

إشراف:

المهندس باسل المدني

تقدمة:

حمزة محمد المحروس

أسامه يوسف بازو

ياسين راتب عبد المهدي

عليما ماجد المسوتي

6-6-2024

3.....	المقدمة
3.....	تصميم النظام
3.....	متحولات الدخل Input variables
5.....	متحولات الخرج Output variables
6.....	القواعد Rules
7.....	محرك الاستدلال وإزالة الضبابية Inference engine & Defuzzification
8.....	اختبار محرك الاستدلال
8.....	اختبار محرك الاستدلال على القواعد الأساسية
8.....	توليد Dataset واختبار محرك الاستدلال عليها
10.....	تشغيل النظام
11.....	دليل المستخدم

## المقدمة

في هذا المشروع، قمنا بتصميم وتنفيذ fuzzy logic system يتنبأ باحتمالية شراء العميل لمنتج ما بناءً على عمره ودخله وتاريخ الشراء.

## تصميم النظام

يتألف النظام من المكونات التالية: تعريف متحولات الدخل، تعريف متحولات الخرج، القواعد و محرك الاستدلال.

### متحولات الدخل Input variables

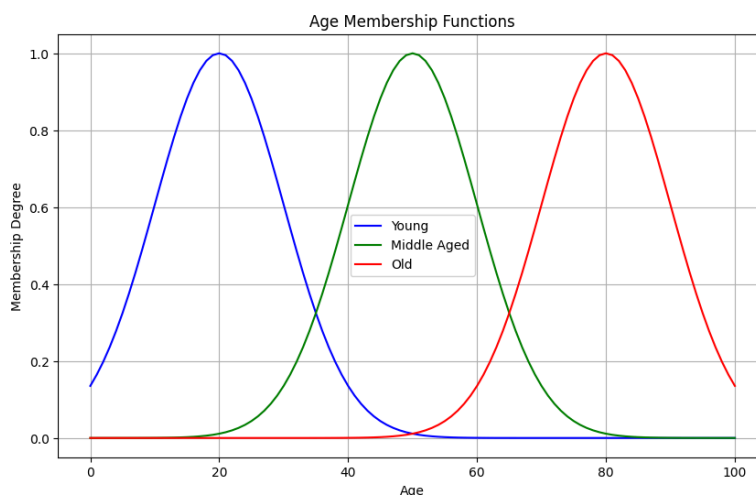
**العمر (Age)** و يمثل عمر الزبون و له ثلاث فئات.

➤ **Young**: استخدمنا Gaussian membership function للتمثيل، حيث تتوضع هذه الـ subset عند الرقم 20 بانحراف معياري قدره 10 .

➤ **Middle-aged**: استخدمنا Gaussian membership function من أجل التمثيل حيث تتوضع هذه الـ subset عند الرقم 50 بانحراف معياري قدره 10.

➤ **Old**: استخدمنا Gaussian membership function للتمثيل، حيث تتوضع هذه الـ subset عند الرقم 80 بانحراف معياري وقدره 10.

حيث تم اختيار تابع التوزيع الطبيعي تبعاً لكون متغير العمر يتبع التوزيع الطبيعي عند البشر.



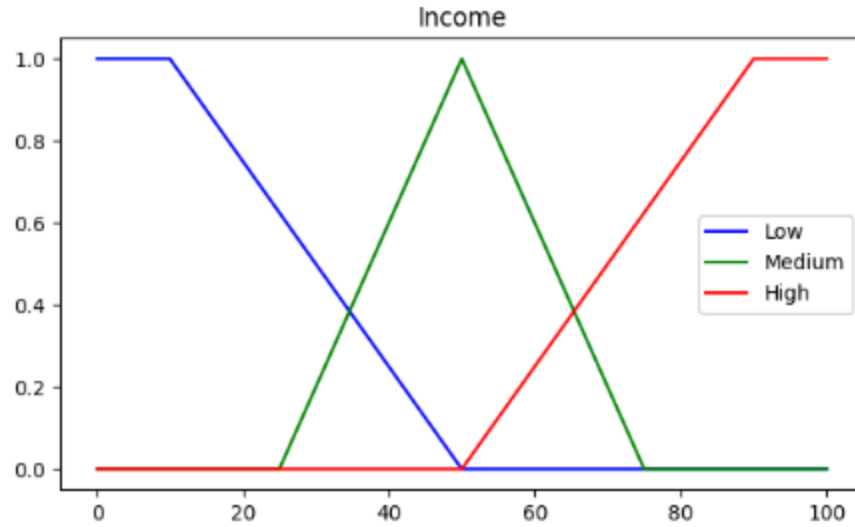
**الدخل (Income)** و يمثل راتب الزبون السنوي و له ثلاث فئات توضح مستوى الدخل لدى الزبون.

➤ **Low**: استخدمنا trapezoid membership function للتمثيل، حيث أعلى قيمة عضوية هي للرواتب التي تتراوح قيمتها بين 0 و 10 آلاف ثم تبدأ بعدها بالتنازل حتى القيمة 50 ألف.

➤ **Medium**: استخدمنا triangular membership function من أجل التمثيل حيث تبدأ قيمة العضوية بالصعود عند قيمة الراتب 25 ألف حتى تصل إلى أعلى قيمة عند 50 ألف، وبعدها تتناقص قيم العضوية حتى قيمة الراتب 70 ألف.

➤ **High**: استخدمنا trapezoid membership function للتمثيل، حيث أعلى قيمة عضوية هي للرواتب التي تتراوح قيمتها بين 90 و 100 آلاف، و تتصاعد قيمة العضوية من 0 إلى 1 ما بين قيم الرواتب 50 و 90 ألف.

يبين المخطط التالي ذلك.



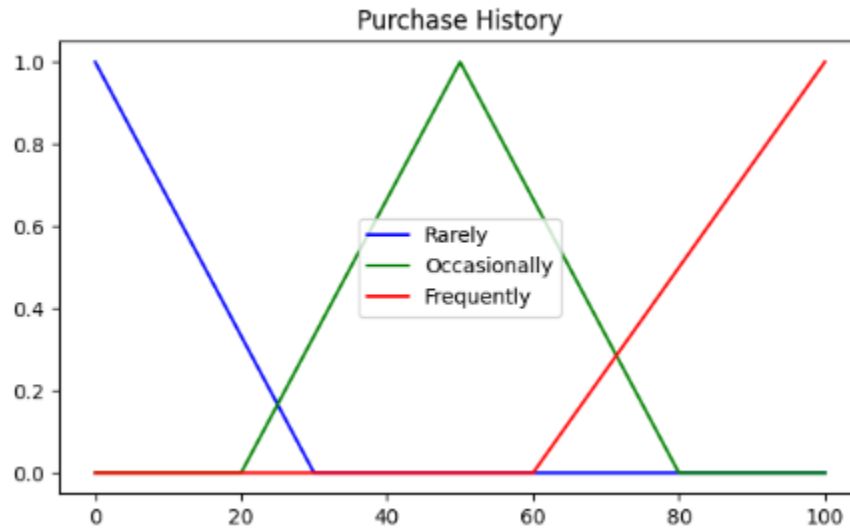
تاريخ الشراء (purchase history) ويمثل عدد مرات شراء المنتج في الشهر السابق و له ثلاث فئات نوضح من خلالها إذا كان إقبال الزبون على الشراء كبيراً، متوسطة أو قليلة في الشهر السابق.

➤ **Rarely**: استخدمنا triangular membership function للتمثيل، حيث تبدأ قيمة العضوية بالتنازل من الـ 1 عند عدد مرات الشراء صفر وحتى القيمة 30.

➤ **Occasionally**: استخدمنا triangular membership function من أجل التمثيل حيث تبدأ قيمة العضوية بالصعود عند القيمة 20 حتى تصل إلى أعلى قيمة عند العدد 50، وبعدها تتناقص قيم العضوية حتى القيمة 80.

➤ **Frequently**: استخدمنا triangular membership function للتمثيل، حيث تتصاعد قيمة العضوية من 0 إلى 1 ما بين القيم 60 و 100.

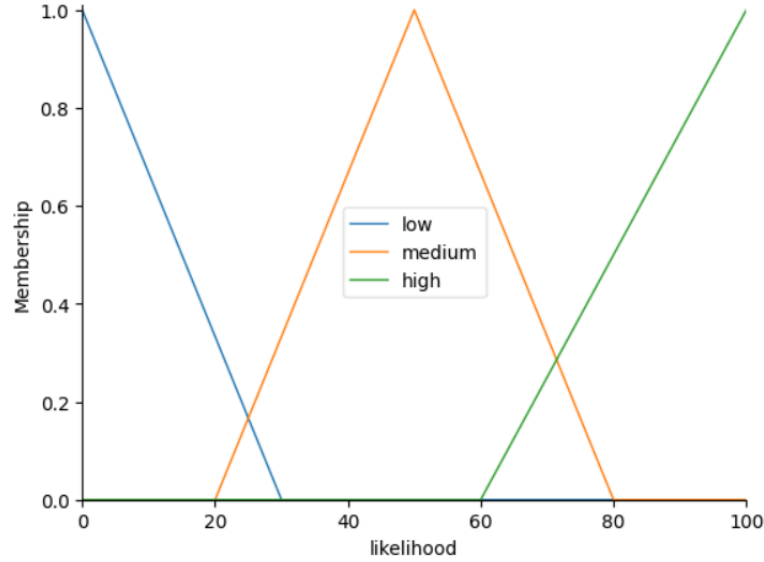
يبين المخطط التالي ذلك.



## متحولات الخرج Output variables

احتمالية الشراء (Likelihood of buying) و تمثل احتمال شراء الزبون للمنتج، القيمة العددية لها تمثل القيمة المتوقعة لعدد مرات الشراء في الشهر القادم.

- **Low:** استخدمنا triangular membership function للتمثيل، حيث تبدأ قيمة العضوية بالتنازل من ال 1 عند عدد مرات الشراء صفر وحتى القيمة 30.
- **Medium:** استخدمنا triangular membership function من أجل التمثيل حيث تبدأ قيمة العضوية بالصعود عند القيمة 20 حتى تصل إلى أعلى قيمة عند العدد 50، وبعدها تتناقص قيم العضوية حتى القيمة 80.
- **High:** استخدمنا triangular membership function للتمثيل، حيث تتصاعد قيمة العضوية من 0 إلى 1 ما بين القيم 60 و 100.



## القواعد Rules

Rule Number	Age	Income	Purchase history	Likelihood of buying
1	young	low	rarely	low
2	young	low	occasionally	medium
3	young	low	frequently	medium
4	young	medium	rarely	low
5	young	medium	occasionally	medium
6	young	medium	frequently	high
7	young	high	rarely	medium
8	young	high	occasionally	high
9	young	high	frequently	high
10	middle-aged	low	rarely	low
11	middle-aged	low	occasionally	medium
12	middle-aged	low	frequently	medium
13	middle-aged	medium	rarely	low
14	middle-aged	medium	occasionally	medium
15	middle-aged	medium	frequently	high
16	middle-aged	high	rarely	medium
17	middle-aged	high	occasionally	high
18	middle-aged	high	frequently	high
19	old	low	rarely	low
20	old	low	occasionally	low
21	old	low	frequently	medium
22	old	medium	rarely	low

23	old	medium	occasionally	low
24	old	medium	frequently	medium
25	old	high	rarely	medium
26	old	high	occasionally	high
27	old	high	frequently	high

### محرك الاستدلال وإزالة الضبابية Inference engine & Defuzzification

قمنا أولاً بإنشاء ControlSystem باستخدام القواعد المذكورة سابقاً و بعدها أنشأنا ControlSystemSimulaton. سيقوم controlSystemSimulator بإنشاء محرك الاستدلال الذي سيقوم بالتالي:

- إيجاد القيم الضبابية للدخل بناء على membership functions
  - تطبيق القواعد على الدخل لإيجاد الخرج الضبابي باستخدام Mamdani
  - تحويل الخرج الضبابي إلى قيمة عددية باستخدام Centroid وتم اختيار هذه الطريقة للأسباب التالية:
    - الدقة: حيث أن القيم التي تنتج من الـ centroid تميل لإعطاء قيم أكثر دقة بأخذ قيم جميع الـ sets بعين الاعتبار.
    - القابلية للتفسير: تكون القيم الناتجة عن الـ centroid قابلة للتفسير والفهم من قبل الإنسان خاصة أن النظام يهدف لصناعة القرار بخصوص المنتجات القابلة للبيع.
    - نعومة القيم: حيث أن القيم الناتجة لات تتأثر كثيراً بتغير المدخلات على عكس بقية الطرق التي قد تؤدي إلى الاختلاف الكبير بمجرد اختلاف بسيط في قيم المدخلات.
- بعد هذه الخطوات أصبح محرك الاستدلال جاهزاً لقبول قيم المتغيرات و إجراء عملية المحاكاة.

## اختبار محرك الاستدلال

اختبار محرك الاستدلال على القواعد الأساسية

Rule Number	Age	Income	Purchase history	Expected Likelihood of buying	Output
<b>6</b>	22	60	90	high	high
<b>10</b>	45	20	10	low	low
<b>14</b>	58	55	55	medium	medium
<b>19</b>	65	25	15	low	low
<b>20</b>	70	75	85	high	high

توليد Dataset واختبار محرك الاستدلال عليها

شكل العينات المولدة سيكون كالتالي:

age	age_value	income	income_value	purchase_history	purchase_history_value	likelihood_of_buyig
young	25	medium	54	rarely	19	low
middle-aged	40	low	22	frequently	90	medium
old	74	high	80	occasionally	59	high

شرح خطوات توليد الـ Dataset :

- تم تعريف المدخلات الممكنة لكل من الـ Age, Income, Purchase History :  
 تم تعريف ثلاث فئات للعمر: 'young', 'middle-aged', 'old'.  
 تم تعريف ثلاث فئات للدخل 'low', 'medium', 'high'.  
 تم تعريف ثلاث فئات لتاريخ الشراء 'rarely', 'occasionally', 'frequently'.



- وضع قائمة ربط لتحديد عامود الـ Likelihood (العامود الهدف في مسألتنا) تم إنشاء قاموس (dictionary) يُحدد احتمالية الشراء بناءً على مجموعة من الحالات المجمعة لكل من العمر والدخل وتاريخ الشراء. على سبيل المثال:

```
likelihood_mapping = {
    ('young', 'low', 'rarely'): 'low',
    ('young', 'low', 'occasionally'): 'medium',
    ('young', 'low', 'frequently'): 'medium',
    ...
}
```

- توليد البيانات (Generating Data) :  
تم إنشاء قائمة فارغة لتخزين البيانات المولدة ويتم تكرار عملية التوليد بعدد الصفوف المحدد وهي 100.
- اختيار الفئات عشوائياً (Random Selection):  
لكل عينة، يتم اختيار العمر، والدخل، وتاريخ الشراء بشكل عشوائي من الفئات المحددة مسبقاً وبناءً على مصفوفة الربط المنشأة يتم تحديد الـ likelihood to buy.
- تعيين القيم العددية للفئات (Assigning Numerical Values):  
يتم تعيين قيمة عددية لكل فئة:
- للعمر: إذا كانت الفئة 'young' يتم توليد عمر بين 0 و 30، وإذا كانت 'middle-aged' يتم توليد عمر بين 30 و 60، وإذا كانت 'old' يتم توليد عمر بين 60 و 100.
- للدخل: إذا كانت الفئة 'low' يتم توليد دخل بين 0 و 30، وإذا كانت 'medium' يتم توليد دخل بين 30 و 60، وإذا كانت 'high' يتم توليد دخل بين 60 و 100.
- لتاريخ الشراء: إذا كانت الفئة 'rarely' يتم توليد قيمة بين 0 و 30، وإذا كانت 'occasionally' يتم توليد قيمة بين 30 و 65، وإذا كانت 'frequently' يتم توليد قيمة بين 65 و 100.

بعد إجراء عملية التوليد يتم اختبار محرك الاستدلال بالمرور على كل عينة من العينات الـ 100 المولدة وفي حال تحقيق نفس النتيجة المتوقع يتم زيادة عداد حساب الإجابات الصحيحة لتكون الدقة (Accuracy) هي عدد الحالات الصحيحة على 100. وكانت النتيجة كالتالي:

```
...
=====
100 / 100
Age: 94, Income: 75, History: 39 -> Likelihood (Fuzzy Output): 83.46
Accuracy : 0.93
```

وهذه النتيجة متغيرة بتغير الداتا المولدة.

## تشغيل النظام

لتشغيل النظام على حاسوبك يجب أن تمتلك نسخة من إصدارات لغة `python` ويجب عليك تنزيل المكاتب الرئيسية عن طريق تشغيل التعليمات التالية في الـ `terminal` :

```
pip install numpy
```

```
pip install skfuzzy
```

```
pip install matplotlib
```

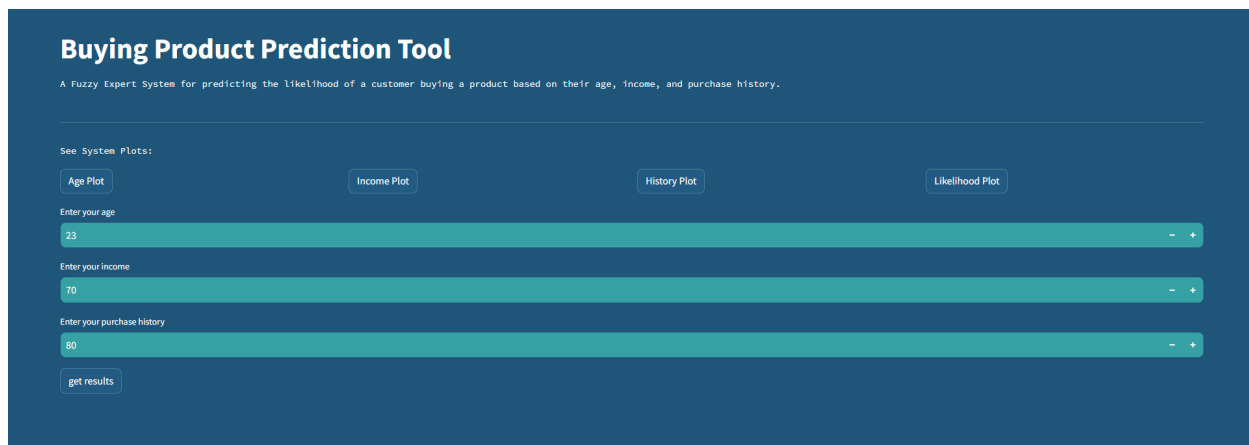
```
pip install streamlit
```

بعدها يجب عليك الذهاب إلى مسار المشروع داخل نافذة الـ `terminal` لتشغيل البرنامج عن طريق التعليمة التالية :

```
streamlit run fuzzy_project_ui.py
```

بعدها ستظهر لك واجهة النظام ويمكنك البدء باستخدامه بشكل كامل.

## دليل المستخدم



في واجهة النظام الرئيسية يمكن للمستخدم أن يتحكم بالنظام بشكل كامل:  
بداية يمكن للمستخدم عن طريق الأزرار التالية مشاهدة مخططات عمل الـ Fuzzy Logic System :

### - Age Plot

لمشاهدة مخطط الـ Age في الـ Fuzzy Logic System الخاص بنا.

### - Income Plot

لمشاهدة مخطط الـ Income في الـ Fuzzy Logic System الخاص بنا.

### - History Plot

لمشاهدة مخطط الـ History في الـ Fuzzy Logic System الخاص بنا.

### - Likelihood Plot

لمشاهدة مخطط الـ Likelihood في الـ Fuzzy Logic System الخاص بنا.

لبدء عملية الإدخال ومشاهدة النتائج يجب على المستخدم المرور بالخطوات التالية:

1. إدخال عمر المستخدم عن طريق مربع الإدخال Age الخاص بالعمر.

2. إدخال كمية دخل المستخدم عن طريق مربع الإدخال Income الخاص بدخل المستخدم.

3. إدخال عدد مرات شراء المستخدم في الشهر الماضي وذلك عن طريق مربع الإدخال Purchase History الخاص بتاريخ مشتريات المستخدم.

4. الضغط على الزر get results لمشاهدة النتائج واستعراضها.

## Input Parameters:

Enter your age

23 - +

Enter your income

70 - +

Enter your purchase history

80 - +

get results

84.44444444444444

Likelihood of a customer buying a product is High

كما يمكن للمستخدم مشاهدة مخططات النظام الخاص بمدخلاته ونتيجته عن طريق مخطط تفاعلي Plotly :

