

# Credit Risk Analysis

จัดทำโดย นายภูมิธีรภัทร พลพุทธา

โปรเจกต์นี้เป็น workshop การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านสินเชื่อ (Credit Risk Analysis) และการพัฒนาแบบจำลองคะแนนเครดิต (Credit Scoring / Scorecard Model) โดยใช้ข้อมูลลูกค้าและเทคนิคทางสถิติเพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่อการผิดนัดชำระหนี้ จากตัวแปร Demographic Data ในด้านต่างๆ อาทิเช่น อายุ, รายได้, การศึกษาของที่อยู่อาศัย, อายุงาน, ดอกเบี้ย, ยืดสินเชื่อ, และอื่นๆ ผ่านเครื่องมือ python JupyterLab ในการวิเคราะห์

โดยใช้ข้อมูลจาก simulating credit bureau data

ที่มาของข้อมูล <https://www.kaggle.com/datasets/laotse/credit-risk-dataset>

Feature Name	Description
person_age	Age
person_income	Annual Income
person_home_ownership	Home ownership
person_emp_length	Employment length (in years)
loan_intent	Loan intent
loan_grade	Loan grade
loan_amnt	Loan amount
loan_int_rate	Interest rate
loan_status	Loan status (0 is non default, 1 is default)
loan_percent_income	Percent income
cb_person_default_on_file	Historical default
cb_preson_cred_hist_length	Credit history length

```
In [1]: # Install Library
#!pip install kagglehub
#!pip install statsmodels
#!pip install pipreqs
```

## Import Library and Setting

```
In [91]: # Import Library
import pandas as pd
import numpy as np
```

```

import seaborn as sns
import kagglehub
import matplotlib as mpl
import matplotlib.pyplot as plt
import warnings
import statsmodels.api as sm
import os
import pickle
import math

from statsmodels.stats.outliers_influence import variance_inflation_factor
from statsmodels.tools.tools import add_constant
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import roc_auc_score, roc_curve
from sklearn.linear_model import LogisticRegression

# Checking library version
print("---Library version---", end = '\n')
print('pandas version: ', pd.__version__)
print('numpy version: ', np.__version__)
print('seaborn version: ', sns.__version__)
print('matplotlib version: ', mpl.__version__, end = '\n\n')

```

```

---Library version---
pandas version: 2.2.2
numpy version: 1.26.3
seaborn version: 0.13.2
matplotlib version: 3.9.2

```

In [3]:

```

# Setting Library
pd.set_option('display.max_columns', None)
pd.set_option('display.max_rows', 100)
pd.options.display.float_format = '{:,.0f}'.format

mpl.font_manager.fontManager.addfont("asset\\fonts\\Sarabun-Regular.ttf")
mpl.rc('font', family='Sarabun')
plt.rcParams ['font.family'] = ('Sarabun')

# ignore warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

```

In [4]:

```

# Print current working directory
print("---Working Directory---", end = '\n')
print('List of Directory:', os.listdir(os.getcwd()))
print('List of Directory (Data):', os.listdir(os.getcwd() + '\\data'))

---Working Directory---
List of Directory: ['.git', '.ipynb_checkpoints', 'asset', 'data', 'model', 'notebooks', 'readme.md', 'requirements.txt', 'Risk-Credit-Analysis_notebook.ipynb', 'Risk-Credit-Analysis_notebook.pdf', 'รายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงลินเชื้อ.pdf']
List of Directory (Data): ['.ipynb_checkpoints', 'processed', 'raw']

```

## Import Data

```
In [5]: raw_data = "credit_risk_dataset.csv"

data = pd.read_csv(filepath_or_buffer=f'data/raw/{raw_data}')

with pd.option_context('display.max_rows', 10):
    display(data)
```

	person_age	person_income	person_home_ownership	person_emp_length	lo
0	22	59000	RENT	123	P
1	21	9600	OWN	5	ED
2	25	9600	MORTGAGE	1	
3	23	65500	RENT	4	
4	24	54400	RENT	8	
...	...	...	...	...	
32576	57	53000	MORTGAGE	1	P
32577	54	120000	MORTGAGE	4	P
32578	65	76000	RENT	3	HOMEIMPRO
32579	56	150000	MORTGAGE	5	P
32580	66	42000	RENT	2	

32581 rows × 12 columns



```
In [6]: print(f'Records: {data.shape[0]}, Variable: {data.shape[1]}')
```

Records: 32581, Variable: 12

## Overall of Data

```
In [7]: data.info()
```

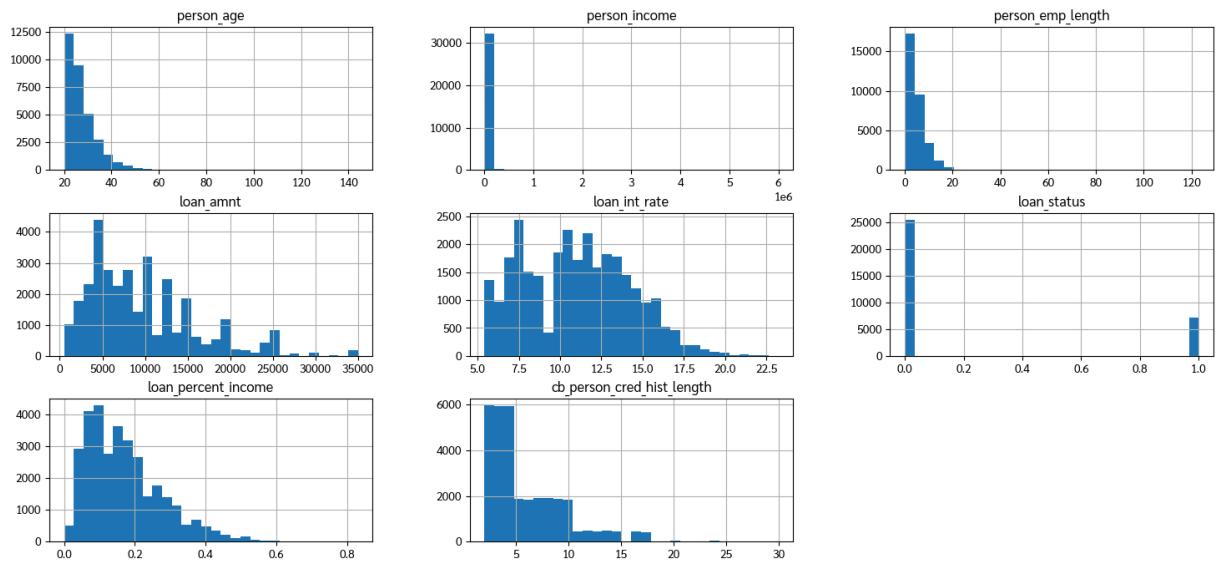
```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 32581 entries, 0 to 32580
Data columns (total 12 columns):
 #   Column           Non-Null Count  Dtype  
--- 
 0   person_age       32581 non-null   int64  
 1   person_income    32581 non-null   int64  
 2   person_home_ownership  32581 non-null   object  
 3   person_emp_length 31686 non-null   float64 
 4   loan_intent      32581 non-null   object  
 5   loan_grade       32581 non-null   object  
 6   loan_amnt        32581 non-null   int64  
 7   loan_int_rate    29465 non-null   float64 
 8   loan_status      32581 non-null   int64  
 9   loan_percent_income 32581 non-null   float64 
 10  cb_person_default_on_file 32581 non-null   object  
 11  cb_person_cred_hist_length 32581 non-null   int64  
dtypes: float64(3), int64(5), object(4)
memory usage: 3.0+ MB
```

In [8]: `data.describe()`

	person_age	person_income	person_emp_length	loan_amnt	loan_int_rate	loan_status
count	32,581	32,581	31,686	32,581	29,465	32,581
mean	28	66,075	5	9,589	11	
std	6	61,983	4	6,322	3	
min	20	4,000	0	500	5	
25%	23	38,500	2	5,000	8	
50%	26	55,000	4	8,000	11	
75%	30	79,200	7	12,200	13	
max	144	6,000,000	123	35,000	23	

## Data Distribution

In [9]: `data.select_dtypes('number').hist(bins=30, figsize=(18,8))  
plt.show()`

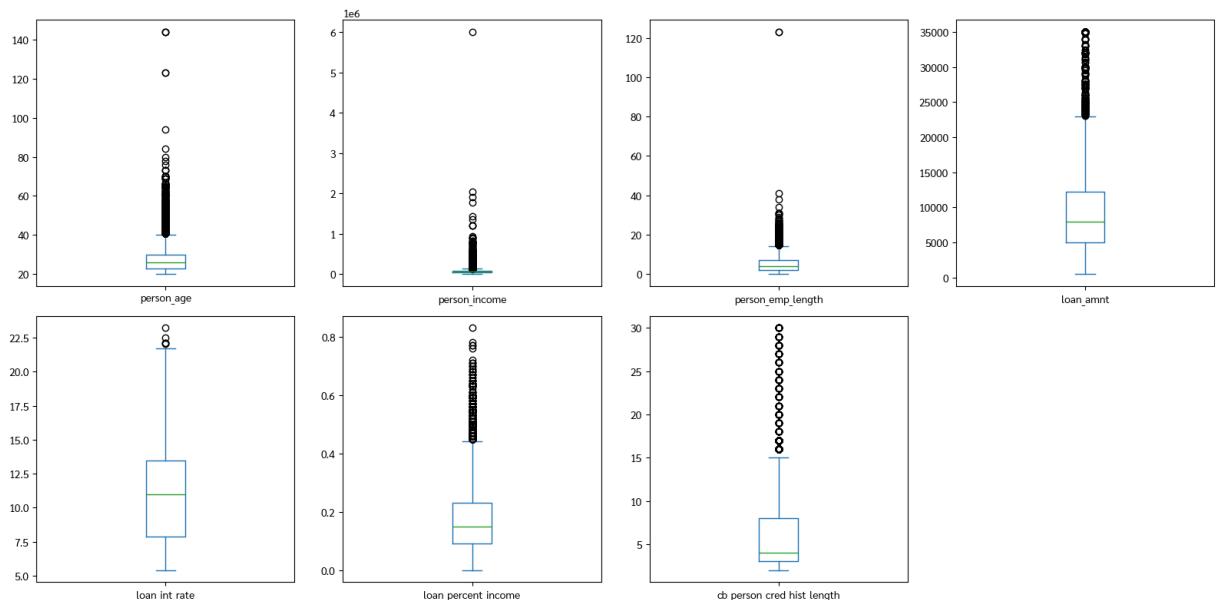


## Data Outlier Cleaning

```
In [10]: numeric_df_plot = data.select_dtypes(include='number').drop(columns=['loan_status'])

numeric_df_plot.plot(
    kind='box',
    subplots=True,
    layout=(2, 4),   # adjust rows/cols to match remaining variables
    figsize=(16, 8)
)

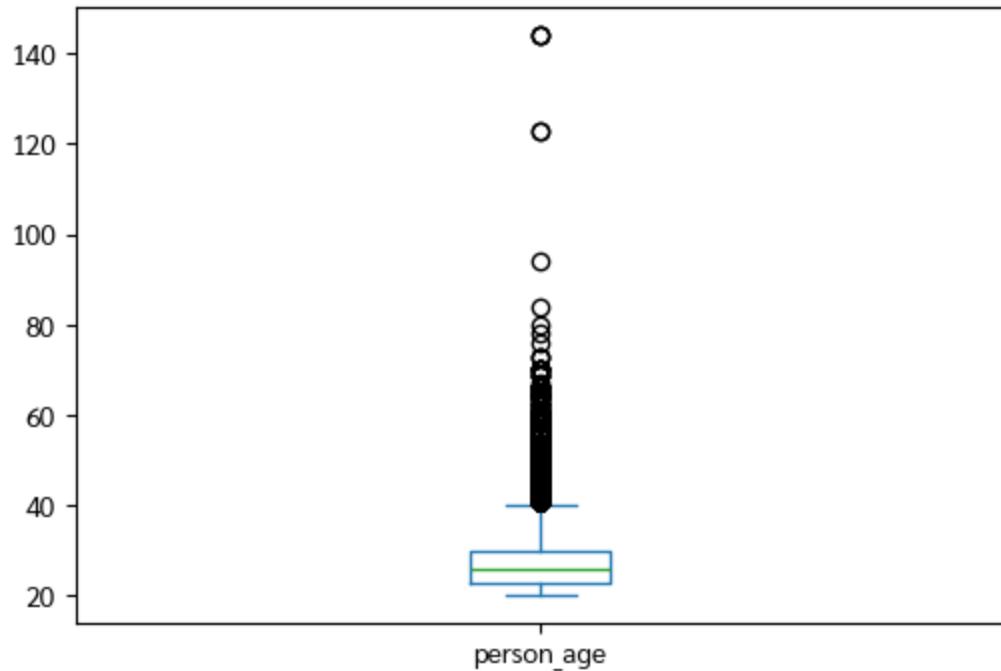
plt.tight_layout()
plt.show()
```



### person\_age

```
In [11]: data['person_age'].plot(kind='box', figsize=(6,4))
plt.show()

print(data['person_age'].describe())
```

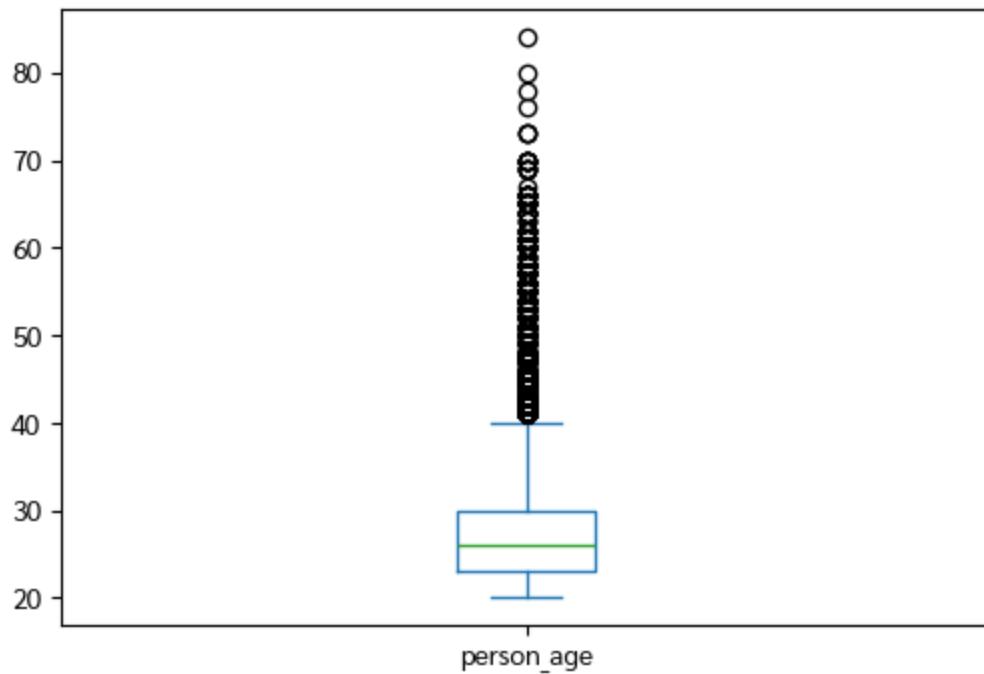


```
count    32,581
mean      28
std       6
min      20
25%      23
50%      26
75%      30
max     144
Name: person_age, dtype: float64
```

```
In [12]: data = data[(data['person_age'] >= 20) & (data['person_age'] <= 90)]
```

```
In [13]: data['person_age'].plot(kind='box', figsize=(6,4))
plt.show()

print(data['person_age'].describe())
```

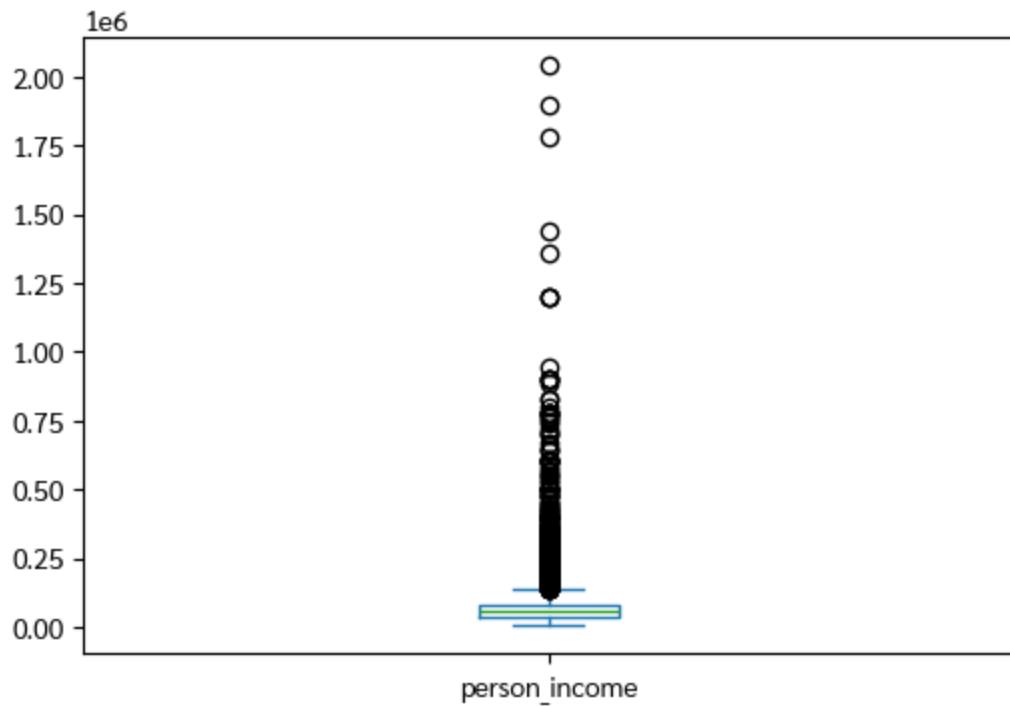


```
count    32,575
mean        28
std         6
min        20
25%        23
50%        26
75%        30
max        84
Name: person_age, dtype: float64
```

## person\_income

```
In [14]: data['person_income'].plot(kind='box', figsize=(6,4))
plt.show()

print(data['person_income'].describe())
```

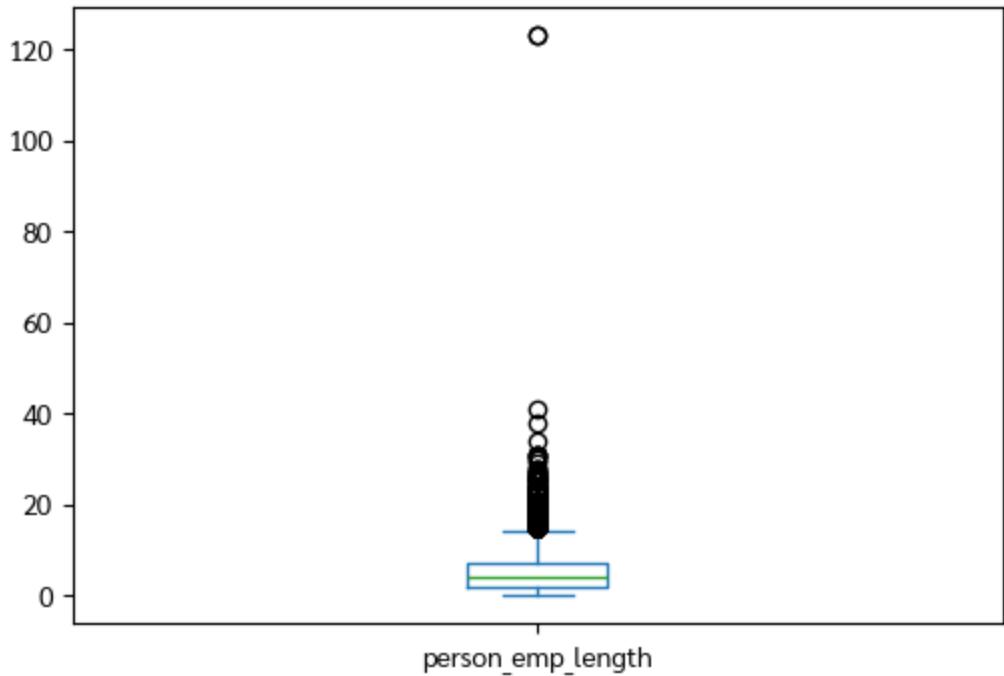


```
count      32,575
mean      65,883
std       52,535
min       4,000
25%      38,500
50%      55,000
75%      79,200
max     2,039,784
Name: person_income, dtype: float64
```

## person\_emp\_length

```
In [15]: data['person_emp_length'].plot(kind='box', figsize=(6,4))
plt.show()

print(data['person_emp_length'].describe())
```

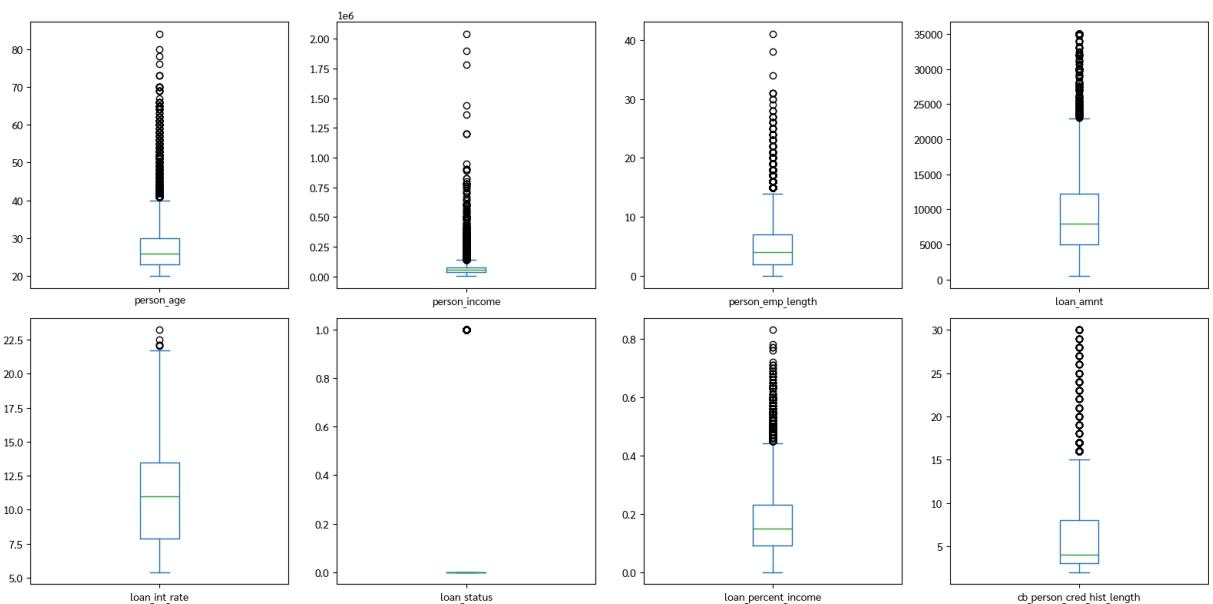


```
count    31,680
mean        5
std         4
min         0
25%        2
50%        4
75%        7
max       123
Name: person_emp_length, dtype: float64
```

```
In [16]: data = data[data['person_emp_length'] != 123]
```

```
In [17]: data.plot(
    kind='box',
    subplots=True,
    layout=(2, 4),   # adjust rows/cols to match remaining variables
    figsize=(16, 8)
)

plt.tight_layout()
plt.show()
```



## Category Data Exploring

```
In [18]: cat_cols = data.select_dtypes(include=['object', 'category']).columns
unique_counts = data[cat_cols].nunique()

print(unique_counts)

person_home_ownership      4
loan_intent                 6
loan_grade                  7
cb_person_default_on_file   2
dtype: int64
```

```
In [19]: for col in cat_cols:
    print(f"\nColumn: {col}")
    print(data[col].value_counts(dropna=False))
```

```
Column: person_home_ownership
person_home_ownership
RENT          16441
MORTGAGE      13441
OWN           2584
OTHER          107
Name: count, dtype: int64
```

```
Column: loan_intent
loan_intent
EDUCATION      6451
MEDICAL        6070
VENTURE         5716
PERSONAL        5519
DEBTCONSOLIDATION  5212
HOMEIMPROVEMENT 3605
Name: count, dtype: int64
```

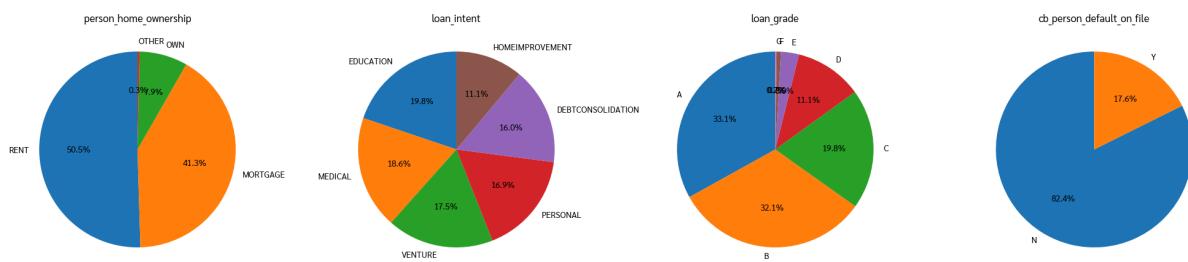
```
Column: loan_grade
loan_grade
A      10776
B      10448
C      6455
D      3625
E      964
F      241
G      64
Name: count, dtype: int64
```

```
Column: cb_person_default_on_file
cb_person_default_on_file
N      26829
Y      5744
Name: count, dtype: int64
```

```
In [20]: n = len(cat_cols)
# Create 1 row with n columns
fig, axes = plt.subplots(1, n, figsize=(5*n, 5))

for i, col in enumerate(cat_cols):
    counts = data[col].value_counts(dropna=False)
    axes[i].pie(
        counts,
        labels=counts.index,
        autopct='%.1f%%',
        startangle=90
    )
    axes[i].set_title(col)

plt.tight_layout()
plt.show()
```



## Rename Columns

```
In [21]: df = data.rename(columns=lambda x: x.replace("person_", "")).title()
display(df)
```

	Age	Income	Home_Ownership	Emp_Length	Loan_Intent	Loan_Grade	Loar
1	21	9600	OWN	5	EDUCATION	B	
2	25	9600	MORTGAGE	1	MEDICAL	C	
3	23	65500	RENT	4	MEDICAL	C	
4	24	54400	RENT	8	MEDICAL	C	
5	21	9900	OWN	2	VENTURE	A	
...	...	...	...	...	...	...	...
32576	57	53000	MORTGAGE	1	PERSONAL	C	
32577	54	120000	MORTGAGE	4	PERSONAL	A	
32578	65	76000	RENT	3	HOMEIMPROVEMENT	B	
32579	56	150000	MORTGAGE	5	PERSONAL	B	
32580	66	42000	RENT	2	MEDICAL	B	

32573 rows × 12 columns



## Change Columns Type

```
In [22]: df["Emp_Length"] = df["Emp_Length"].astype("Int64")
df["Loan_Int_Rate"] = df["Loan_Int_Rate"].astype("Float64")
```

```
In [23]: df.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Index: 32573 entries, 1 to 32580
Data columns (total 12 columns):
 #   Column           Non-Null Count  Dtype  
--- 
 0   Age              32573 non-null   int64  
 1   Income            32573 non-null   int64  
 2   Home_Ownership   32573 non-null   object  
 3   Emp_Length        31678 non-null   Int64  
 4   Loan_Intent       32573 non-null   object  
 5   Loan_Grade        32573 non-null   object  
 6   Loan_Amnt         32573 non-null   int64  
 7   Loan_Int_Rate    29459 non-null   float64 
 8   Loan_Status       32573 non-null   int64  
 9   Loan_Percent_Income 32573 non-null   float64 
 10  Cb_Default_On_File 32573 non-null   object  
 11  Cb_Cred_Hist_Length 32573 non-null   int64  
dtypes: Float64(1), Int64(1), float64(1), int64(5), object(4)
memory usage: 3.3+ MB
```

## Check Missing or NaN value

```
In [24]: for i in df.columns:
    print(f'{i} : {df[i].isna().sum()}')
```

```
Age : 0
Income : 0
Home_Ownership : 0
Emp_Length : 895
Loan_Intent : 0
Loan_Grade : 0
Loan_Amnt : 0
Loan_Int_Rate : 3114
Loan_Status : 0
Loan_Percent_Income : 0
Cb_Default_On_File : 0
Cb_Cred_Hist_Length : 0
```

```
In [25]: print('String columns with contain NaN values', end='\n\n')
for column in df.columns:
    if df[column].dtype == 'O' and df[column].isna().any():
        print(f"NaN in : '{column}'")
    else:
        print("None")
```

String columns with contain NaN values

```
None
```

## Export Processed Data

```
In [26]: print("Rows before:", df.shape[0])
```

Rows before: 32573

```
In [27]: # Drop rows with any NaN values
df_clean = df.dropna()

display(df_clean)
```

	Age	Income	Home_Ownership	Emp_Length	Loan_Intent	Loan_Grade	Loar
1	21	9600	OWN	5	EDUCATION	B	
2	25	9600	MORTGAGE	1	MEDICAL	C	
3	23	65500	RENT	4	MEDICAL	C	
4	24	54400	RENT	8	MEDICAL	C	
5	21	9900	OWN	2	VENTURE	A	
...	...	...	...	...	...	...	...
32576	57	53000	MORTGAGE	1	PERSONAL	C	
32577	54	120000	MORTGAGE	4	PERSONAL	A	
32578	65	76000	RENT	3	HOMEIMPROVEMENT	B	
32579	56	150000	MORTGAGE	5	PERSONAL	B	
32580	66	42000	RENT	2	MEDICAL	B	

28632 rows × 12 columns



```
In [28]: print("Rows after:", df_clean.shape[0])
```

Rows after: 28632

```
In [29]: df.shape[0] - df_clean.shape[0]
```

Out[29]: 3941

```
In [30]: df_clean.isna().sum()
```

```
Out[30]: Age          0
Income        0
Home_Ownership 0
Emp_Length    0
Loan_Intent   0
Loan_Grade   0
Loan_Amnt    0
Loan_Int_Rate 0
Loan_Status   0
Loan_Percent_Income 0
Cb_Default_On_File 0
Cb_Cred_Hist_Length 0
dtype: int64
```

```
In [31]: file_name = "credit_risk_dataset"
flag = "cleaned"
```

```
df_clean.to_csv(f'data/processed/{file_name + "_" + flag}.csv', index=False)
```

## Analysis and Understand insight of the Data

```
In [32]: pd.reset_option('display.float_format')
display(df.corr(numeric_only=True))
pd.options.display.float_format = '{:.0f}'.format
```

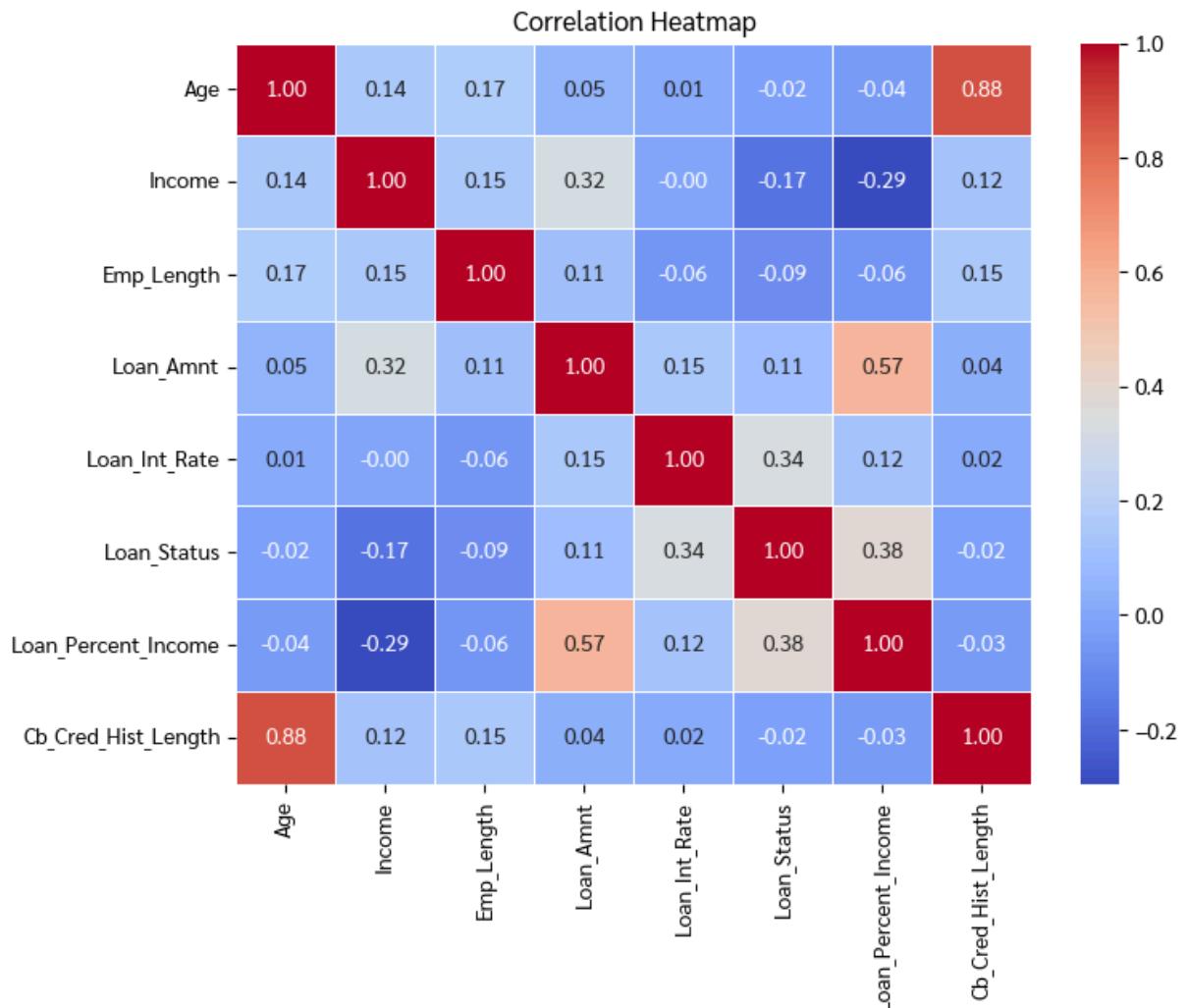
	Age	Income	Emp_Length	Loan_Amnt	Loan_Int_Rate	Loan_Status
Age	1.000000	0.141007	0.173183	0.052002	0.011966	-0.020
Income	0.141007	1.000000	0.154726	0.317489	-0.001121	-0.168
Emp_Length	0.173183	0.154726	1.000000	0.110980	-0.058263	-0.085
Loan_Amnt	0.052002	0.317489	0.110980	1.000000	0.146803	0.105
Loan_Int_Rate	0.011966	-0.001121	-0.058263	0.146803	1.000000	0.335
Loan_Status	-0.020549	-0.168500	-0.085983	0.105233	0.335092	1.000
Loan_Percent_Income	-0.041968	-0.294542	-0.058533	0.572444	0.120218	0.379
Cb_Cred_Hist_Length	0.878287	0.123230	0.149625	0.042336	0.016656	-0.015



## Correlation of Variable

In [33]:

```
# Create a heatmap using Seaborn
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(df.corr(numeric_only=True), annot=True, cmap='coolwarm', fmt=".2f", line_width=1)
plt.title('Correlation Heatmap')
plt.show()
```



## Variance Inflation Factor (VIF)

In [34]:

```
numeric_df = pd.DataFrame(df.select_dtypes(include=["number"]))
numeric_df
```

Out[34]:

	Age	Income	Emp_Length	Loan_Amnt	Loan_Int_Rate	Loan_Status	Loan_Percent_Income
1	21	9600	5	1000	11	0	
2	25	9600	1	5500	13	1	
3	23	65500	4	35000	15	1	
4	24	54400	8	35000	14	1	
5	21	9900	2	2500	7	1	
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>32576</b>	57	53000	1	5800	13	0	
<b>32577</b>	54	120000	4	17625	7	0	
<b>32578</b>	65	76000	3	35000	11	1	
<b>32579</b>	56	150000	5	15000	11	0	
<b>32580</b>	66	42000	2	6475	10	0	

32573 rows × 8 columns



In [35]:

```
# Add constant for intercept
X = add_constant(df.select_dtypes(include="number").dropna())
```

In [36]:

```
X.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Index: 28632 entries, 1 to 32580
Data columns (total 9 columns):
 #   Column           Non-Null Count  Dtype  
--- 
 0   const            28632 non-null   float64
 1   Age              28632 non-null   int64  
 2   Income            28632 non-null   int64  
 3   Emp_Length        28632 non-null   Int64  
 4   Loan_Amnt         28632 non-null   int64  
 5   Loan_Int_Rate     28632 non-null   float64
 6   Loan_Status        28632 non-null   int64  
 7   Loan_Percent_Income 28632 non-null   float64
 8   Cb_Cred_Hist_Length 28632 non-null   int64  
dtypes: Float64(1), Int64(1), float64(2), int64(5)
memory usage: 2.2 MB
```

In [37]:

```
# Convert all columns to standard float64 to ensure compatibility
X_numeric = X.astype(float)

# Calculating VIF
vif_data = pd.DataFrame()
vif_data["feature"] = X_numeric.columns
vif_data["VIF"] = [variance_inflation_factor(X_numeric.values, i)
                  for i in range(X_numeric.shape[1])]
```

```
print(vif_data)
```

	feature	VIF
0	const	66
1	Age	4
2	Income	2
3	Emp_Length	1
4	Loan_Amnt	3
5	Loan_Int_Rate	1
6	Loan_Status	1
7	Loan_Percent_Income	3
8	Cb_Cred_Hist_Length	4

## การแปลผลภาพรวม (Interpretation)

โดยทั่วไปเกณฑ์ตัดสินดังนี้:

VIF = 1: ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย (ดีมาก)

VIF 1 - 5: มีความสัมพันธ์กันปานกลาง (ยอมรับได้ ไม่เป็นปัญหา)

VIF > 5 หรือ 10: มีความสัมพันธ์กันสูงมาก (อาจเป็นปัญหา) ตัวแปรเหล่านี้อาจซ้ำซ้อนกันเอง ทำให้โน๊ಡไม่เสถียร

ขาดข้อมูล ไม่มีปัญหา Multicollinearity ที่รุนแรง

### 🏆 ความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่งที่สุด (Strongest Positive Correlation)

คู่ที่มีความสัมพันธ์กันชัดเจนที่สุดในตารางคือ:

**Age ↔ Cb\_Cred\_Hist\_Length (\$r = 0.86\$)**

มีความสัมพันธ์กันสูงมากในทิศทางเดียวกันการตีความ: ยิ่งผู้กู้มีอายุมาก ประวัติเครดิต (Credit History) ก็จะยิ่งยาวนานขึ้น ซึ่งเป็นเรื่องปกติทางธรรมชาติของการสะสมประวัติทางการเงิน

### ⚠️ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยง (Loan Status Correlations)

หากพิจารณาตัวแปร Loan\_Status (สมมติว่าค่าสูง = มีความเสี่ยง/ผิดนัดชำระ) พบรความสัมพันธ์ที่น่าสนใจดังนี้:

**Loan\_Percent\_Income (\$r = 0.38\$):**

มีความสัมพันธ์เชิงบวกปานกลาง ยิ่งสัดส่วนหนี้ต่อรายได้สูง ความเสี่ยงที่จะเกิดหนี้เสียก็ยิ่งสูงขึ้น (เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดต่อ Status ในชุดข้อมูลนี้)

**Loan\_Int\_Rate (\$r = 0.34\$):**

อัตราดอกเบี้ยแปรผันตามสถานะลีนเชื่อ กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงมากต้องแบกรับดอกเบี้ยที่สูงกว่า หรือ ดอกเบี้ยที่สูงอาจเป็นตัวเร่งให้เกิดการผิดนัดชำระ

### Income ( $r = -0.14\$$ ):

มีความสัมพันธ์เชิงลบเล็กน้อย หมายความว่าผู้ที่มีรายได้สูง มีแนวโน้มจะเป็นหนี้เสียน้อยกว่าผู้ที่มีรายได้ต่ำ แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่แรงเท่ากับสัดส่วนหนี้ (Loan Percent Income)

## 💰 โครงสร้างหนี้และรายได้ (Loan & Income Structure)

ความสัมพันธ์ระหว่างยอดเงินกู้และรายได้ของผู้กู้:

### Loan\_Amnt $\leftrightarrow$ Loan\_Percent\_Income ( $r = 0.57\$$ )

มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ยิ่งกู้ยอดเงินสูง สัดส่วนภาระหนี้ต่อรายได้ก็จะยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วยอย่างชัดเจน

### Income $\leftrightarrow$ Loan\_Percent\_Income ( $r = -0.25\$$ )

มีความสัมพันธ์เชิงลบ (สีเขียวเข้ม) และว่าคนที่รายได้สูง มักจะมีสัดส่วนยอดภาระต่อรายได้ต่ำ (ภาระหนี้เบากว่า) ในขณะที่คนรายได้น้อยมักกู้เกินตัวมากกว่า

## Weight of Evidence (WoE)

$$\text{WoE}_i = \ln \left( \frac{\% \text{ Non-default}_i}{\% \text{ Default}_i} \right)$$

```
In [38]: pd.reset_option('display.float_format')
```

```
In [39]: df.columns
```

```
Out[39]: Index(['Age', 'Income', 'Home_Ownership', 'Emp_Length', 'Loan_Intent',
       'Loan_Grade', 'Loan_Amnt', 'Loan_Int_Rate', 'Loan_Status',
       'Loan_Percent_Income', 'Cb_Default_On_File', 'Cb_Cred_Hist_Length'],
      dtype='object')
```

```
In [40]: def calculate_woe_iv(dataset, feature, target):
    lst = []
    # จัดกลุ่มข้อมูลตาม Feature และนับจำนวน Good (0) และ Bad (1)
    for i in range(dataset[feature].nunique()):
        val = list(dataset[feature].unique())[i]
        lst.append({
            'Value': val,
            'All': dataset[dataset[feature] == val].count()[feature],
            'Good': dataset[(dataset[feature] == val) & (dataset[target] == 0)].count(),
            'Bad': dataset[(dataset[feature] == val) & (dataset[target] == 1)].count()
        })

    dff = pd.DataFrame(lst)
    dff['Dist_Good'] = dff['Good'] / dff['Good'].sum()
    dff['Dist_Bad'] = dff['Bad'] / dff['Bad'].sum()
```

```
# คำนวณ WoE
dff['WoE'] = np.log(dff['Dist_Good'] / dff['Dist_Bad'])
dff.replace({'WoE': {np.inf: 0, -np.inf: 0}}, inplace=True)

# คำนวณ IV
dff['IV'] = (dff['Dist_Good'] - dff['Dist_Bad']) * dff['WoE']
iv = dff['IV'].sum()

return dff, iv
```

```
In [41]: def plot_woe(woe_df, feature_name):
    plt.figure(figsize=(10, 6))

    # ผลลัพธ์ของเส้นเพื่อดูแนวโน้ม (Trend)
    sns.pointplot(x='Value', y='WoE', data=woe_df, color="#1f77b4")

    # ตกแต่งกราฟ
    plt.title(f'Weight of Evidence (WoE) for {feature_name}', fontsize=14)
    plt.axhline(y=0, color='red', linestyle='--', alpha=0.5) # เส้นแบ่งความเสี่ยงปกติ
    plt.xticks(rotation=45)
    plt.grid(axis='y', alpha=0.3)
    plt.ylabel('WoE Value')
    plt.xlabel(f'Bins of {feature_name}')

    plt.tight_layout()
    plt.show()
```

```
In [42]: def calculate_ks(woe_df):
    # ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเรียงลำดับตามความเสี่ยงแล้ว
    df_ks = woe_df.sort_values(by='WoE').reset_index(drop=True)

    # คำนวณ % สะสน
    df_ks['Cumulative_Good'] = df_ks['Dist_Good'].cumsum()
    df_ks['Cumulative_Bad'] = df_ks['Dist_Bad'].cumsum()

    # คำนวณส่วนต่าง
    df_ks['KS_Diff'] = np.abs(df_ks['Cumulative_Good'] - df_ks['Cumulative_Bad'])

    ks_value = df_ks['KS_Diff'].max()
    return ks_value, df_ks
```

## Calculate WOE

ตัวแปร 'person\_home\_ownership'

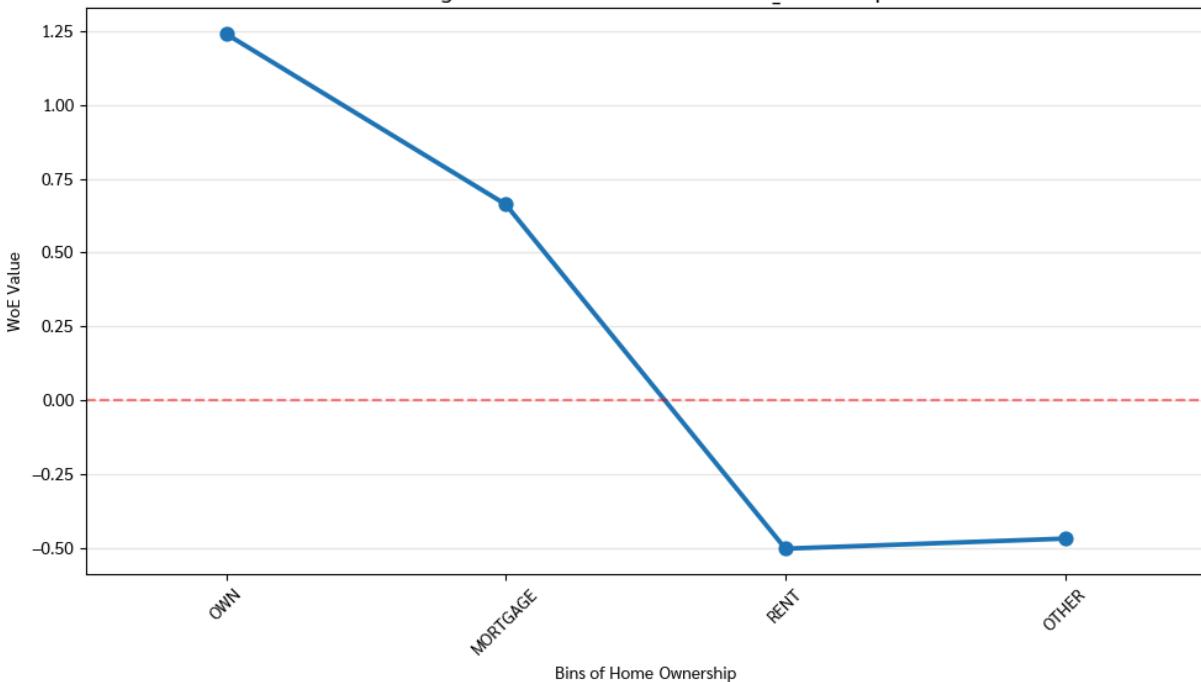
```
In [43]: # 'person_home_ownership'
woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df, 'Home_Ownership', 'Loan_Status')
print(f"Information Value: {iv_value}")
print(woe_df)

plot_woe(woe_df, 'Home_Ownership')
```

Information Value: 0.37699794926569213

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	IV
0	OWN	2584	2391	193	0.093890	0.027156	1.240513	0.082784
1	MORTGAGE	13441	11751	1690	0.461439	0.237794	0.662946	0.148265
2	RENT	16441	11250	5191	0.441765	0.730407	-0.502822	0.145135
3	OTHER	107	74	33	0.002906	0.004643	-0.468706	0.000814

Weight of Evidence (WoE) for Home\_Ownership



```
In [44]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.2904

គ្រប់គ្រាយ 'income\_bin'

```
In [45]: # We define clear cut-off points: 0 -> 35k -> 60k -> 85k -> Infinity
bins = [0, 35000, 60000, 85000, float('inf')]
labels = ['1. Low (<35k)', '2. Medium (35k-60k)', '3. High (60k-85k)', '4. Very High']

# Use pd.cut instead of qcut
df['income_bin'] = pd.cut(df['Income'], bins=bins, labels=labels)
```

```
In [46]: # 'income_bin'
woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df, 'income_bin', 'Loan_Status')
print(f"Information Value: {iv_value}")

woe_df = woe_df.sort_values(by='Value')
print(woe_df)

plot_woe(woe_df, 'income_bin')
```

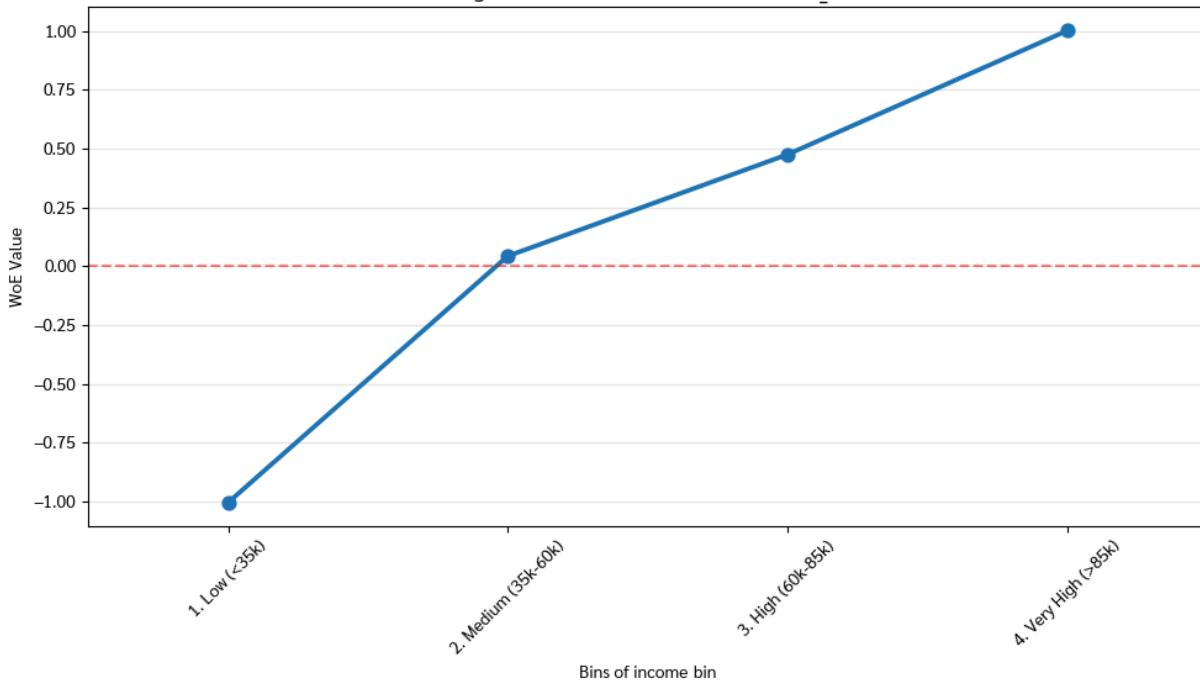
Information Value: 0.4499815912648941

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	\
0	1. Low (<35k)	6629	3761	2868	0.147687	0.403546	-1.005194	
2	2. Medium (35k-60k)	12095	9543	2552	0.374735	0.359083	0.042667	
1	3. High (60k-85k)	7251	6178	1073	0.242598	0.150978	0.474272	
3	4. Very High (>85k)	6598	5984	614	0.234980	0.086394	1.000586	

IV

0	0.257188
2	0.000668
1	0.043453
3	0.148673

Weight of Evidence (WoE) for income\_bin



```
In [47]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.2559

### ตัวแปร 'Loan\_Int\_Rate'

```
In [48]: # 1. Create the Bins (Use qcut as you did originally)
```

```
df_woe = df.copy()
df_woe['Loan_Int_Rate_bin'] = pd.qcut(df_woe['Loan_Int_Rate'], q=5, precision=0)
```

```
In [49]: # 2. Fill Missing Values
```

```
df_woe['Loan_Int_Rate_bin'] = df_woe['Loan_Int_Rate_bin'].cat.add_categories(['Missing'])
df_woe['Loan_Int_Rate_bin'] = df_woe['Loan_Int_Rate_bin'].fillna('Missing')
```

```
In [50]: print("\nDistribution of Loan_Int_Rate_bin:")
```

```
print(df_woe['Loan_Int_Rate_bin'].value_counts())
```

Distribution of Loan\_Int\_Rate\_bin:

```
Loan_Int_Rate_bin
(4.0, 8.0]      6015
(8.0, 10.0]     5987
(14.0, 23.0]    5867
(12.0, 14.0]    5812
(10.0, 12.0]    5778
Missing          3114
Name: count, dtype: int64
```

```
In [51]: # 1. Calculate WOE first
woe_emp, iv_emp = calculate_woe_iv(df_woe, 'Loan_Int_Rate_bin', 'Loan_Status')

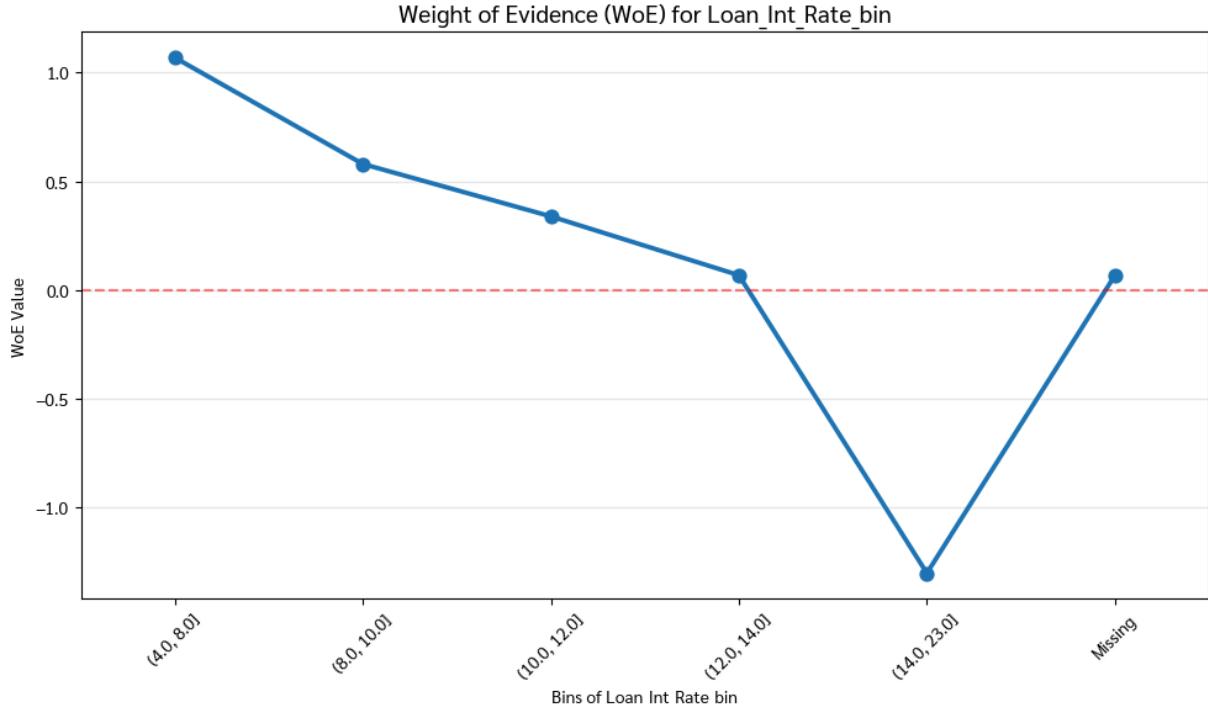
# --- THE ROBUST FIX ---
# Step A: Separate the 'Missing' row from the 'Interval' rows
missing_row = woe_emp[woe_emp['Value'] == 'Missing']
interval_rows = woe_emp[woe_emp['Value'] != 'Missing']

# Step B: Sort only the Interval rows (Python can sort these easily now)
interval_rows = interval_rows.sort_values(by='Value')

# Step C: Combine them back together (Putting 'Missing' at the end)
woe_emp = pd.concat([interval_rows, missing_row])
# -----


# 2. Print and Plot
print(f"Information Value: {iv_emp}")
plot_woe(woe_emp, 'Loan_Int_Rate_bin')
```

Information Value: 0.6182518223780366



```
In [52]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_emp)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.3040

$IV > 0.5$  ถือว่า "สูง/ผิดปกติ (อาจเกิดการโอเวอร์ฟิตติ้งหรือการรั่วไหลของข้อมูล)" ใน การประเมินความเสี่ยงด้านเครดิต อัตราดอกเบี้ยมักจะถูกกำหนดหลังจากประเมินความเสี่ยงแล้ว

### ตัวแปร 'Age'

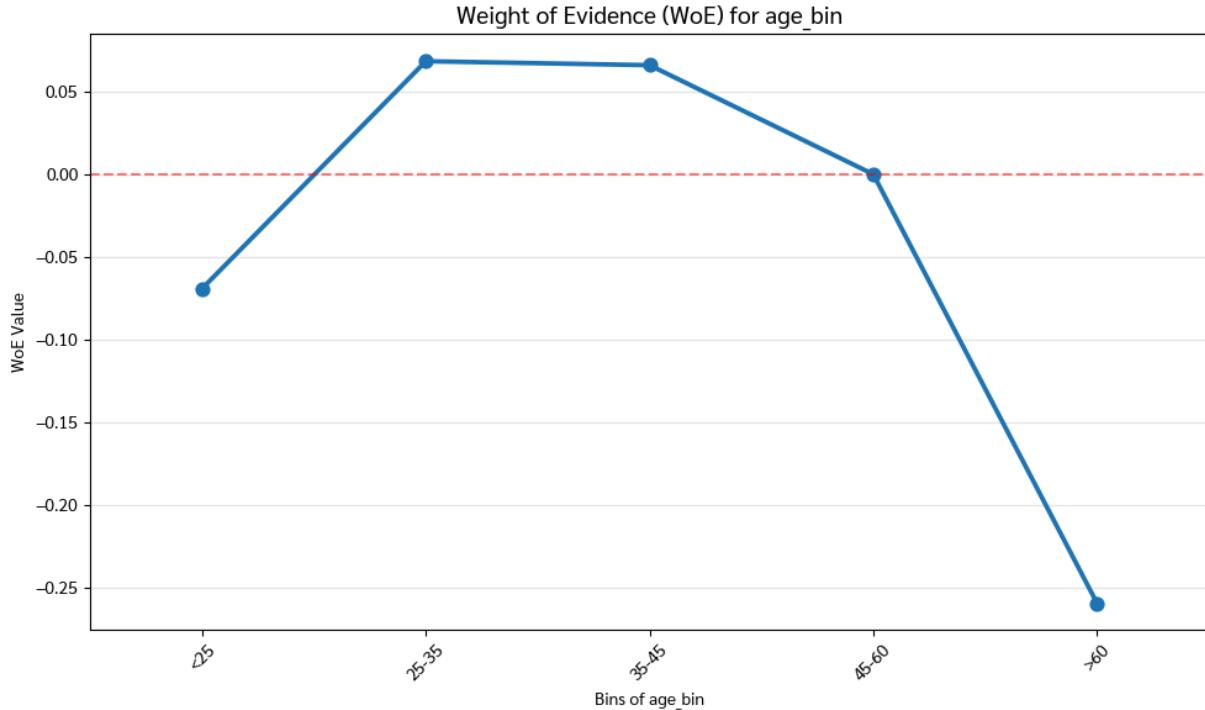
```
In [53]: # การแบ่งช่วงอายุ (Age) ตามเกณฑ์ที่กำหนดเอง
bins = [0, 25, 35, 45, 60, 100]
labels = ['<25', '25-35', '35-45', '45-60', '>60']

df['age_bin'] = pd.cut(df['Age'], bins=bins, labels=labels)

In [54]: woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df, 'age_bin', 'Loan_Status')
print(f"Information Value: {iv_value}")
print(woe_df)

plot_woe(woe_df, 'age_bin')
```

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	IV
0	<25	15350	11816	3534	0.463991	0.497256	-0.069240	2.303265e-03
1	25-35	13763	10917	2846	0.428689	0.400450	0.068143	1.924280e-03
2	35-45	2814	2231	583	0.087607	0.082032	0.065754	3.665920e-04
3	45-60	582	455	127	0.017867	0.017870	-0.000154	4.220216e-10
4	>60	64	47	17	0.001846	0.002392	-0.259330	1.417003e-04



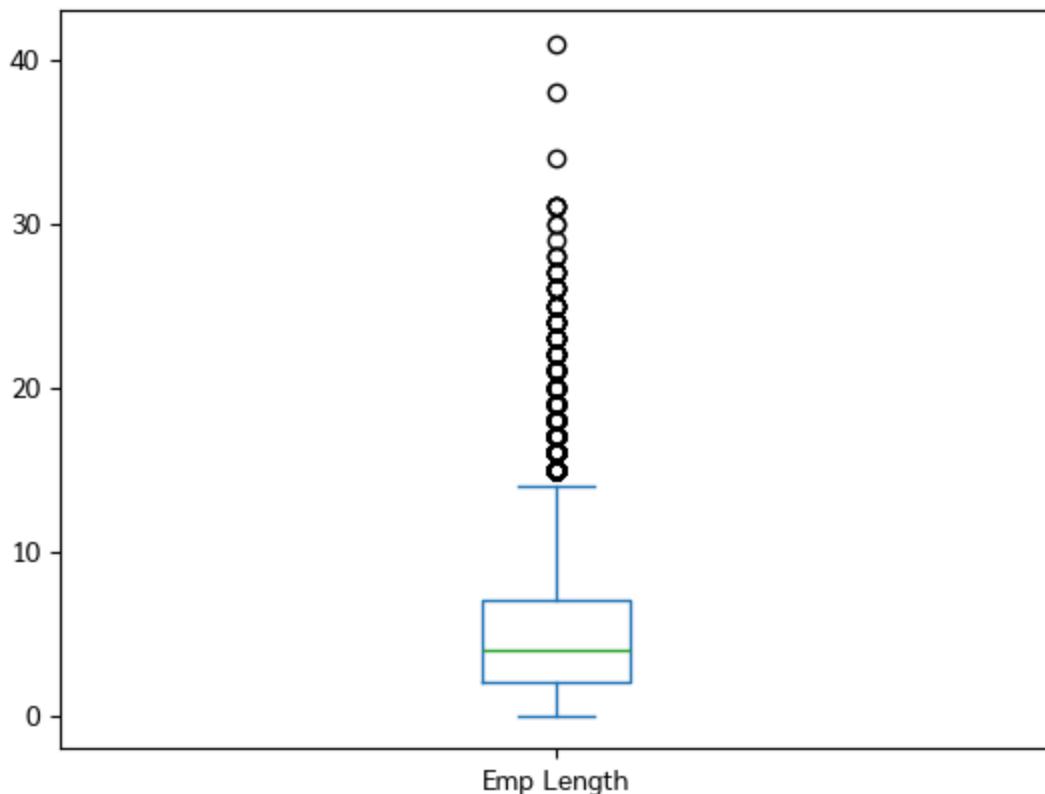
```
In [55]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.0338

### ตัวแปร 'Emp\_Length'

```
In [56]: df['Emp_Length'].dropna().plot.box()
```

Out[56]: <Axes: >



```
In [57]: df['Emp_Length'].max()
```

Out[57]: 41

```
In [58]: # Make a copy to avoid SettingWithCopy warnings
df_woe = df.copy()

bins_emp = [0, 2, 4, 6, 8, 10, 40, float('inf')]
labels_emp = ['<2', '2-4', '4-6', '6-8', '8-10', '10-40', '>40']

# Create the bins
df_woe['Emp_Length_bin'] = pd.cut(df_woe['Emp_Length'], bins=bins_emp, labels=labels_emp)
```

```
In [59]: # Add 'Missing' to the category list and then fill Nans
df_woe['Emp_Length_bin'] = df_woe['Emp_Length_bin'].cat.add_categories(['Missing'])
df_woe['Emp_Length_bin'] = df_woe['Emp_Length_bin'].fillna('Missing')
```

```
In [60]: # Check the distribution (Missing should now appear in the list)
print("Distribution of Emp_Length_bin:")
print(df_woe['Emp_Length_bin'].value_counts())
```

Distribution of Emp\_Length\_bin:

```
Emp_Length_bin
2-4        7304
<2        7019
4-6        5818
6-8        4861
10-40      3621
8-10      3054
Missing     895
>40         1
Name: count, dtype: int64
```

```
In [61]: woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df_woe, 'Emp_Length_bin', 'Loan_Status')

# 1. Define the correct logical order (Must match Cell 60 exactly)
# We add 'Missing' at the end manually
custom_order = ['<2', '2-4', '4-6', '6-8', '8-10', '10-40', '>40', 'Missing']

# 2. Convert the 'Value' column to a Category type with this specific order
woe_df['Value'] = pd.Categorical(woe_df['Value'], categories=custom_order, ordered=True)

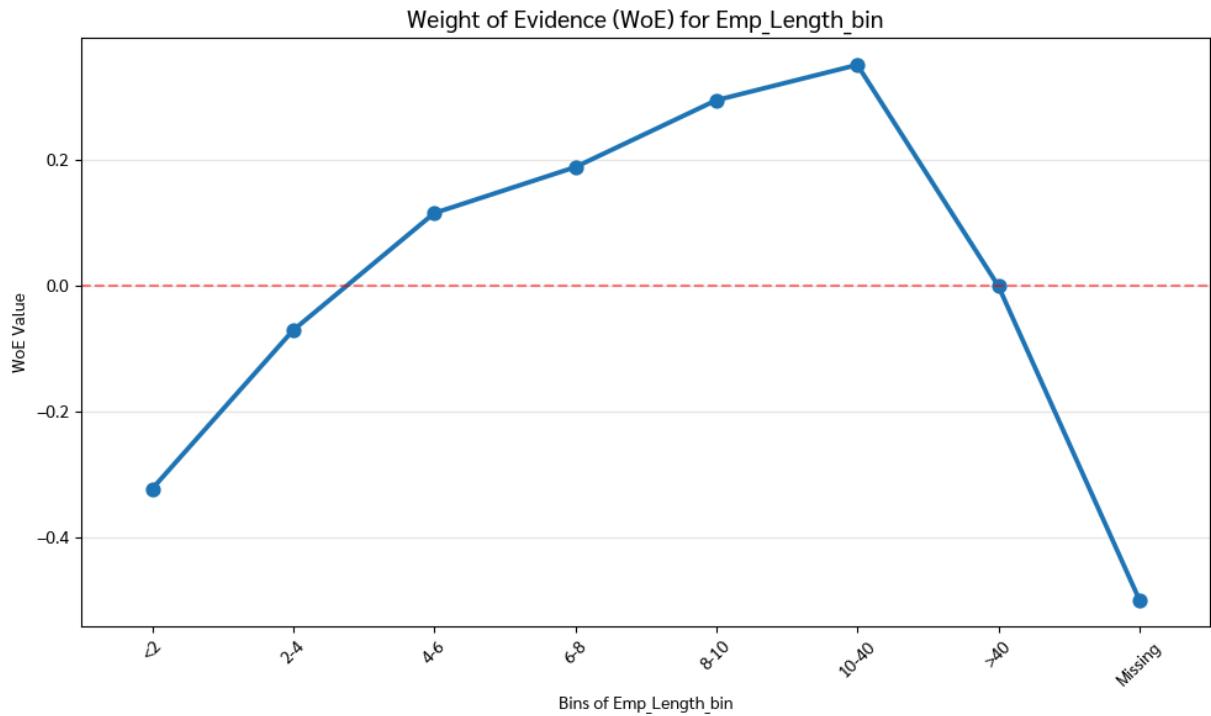
# 3. Sort by this new logical order
woe_df = woe_df.sort_values(by='Value')

# 4. Print and Plot (Fixed the Label name here)
print(f"Information Value: {iv_value}")
print(woe_df)

# Fix the Label below to 'Emp_Length_bin'
plot_woe(woe_df, 'Emp_Length_bin')
```

Information Value: 0.060787929396711224

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	IV
1	<2	7019	5066	1953	0.198932	0.274799	-0.323079	0.024511
3	2-4	7304	5621	1683	0.220726	0.236809	-0.070332	0.001131
0	4-6	5818	4660	1158	0.182989	0.162938	0.116057	0.002327
4	6-8	4861	3949	912	0.155070	0.128324	0.189314	0.005063
2	8-10	3054	2529	525	0.099309	0.073871	0.295917	0.007528
5	10-40	3621	3027	594	0.118864	0.083580	0.352184	0.012427
7	>40	1	1	0	0.000039	0.000000	0.000000	0.000000
6	Missing	895	613	282	0.024071	0.039679	-0.499806	0.007801

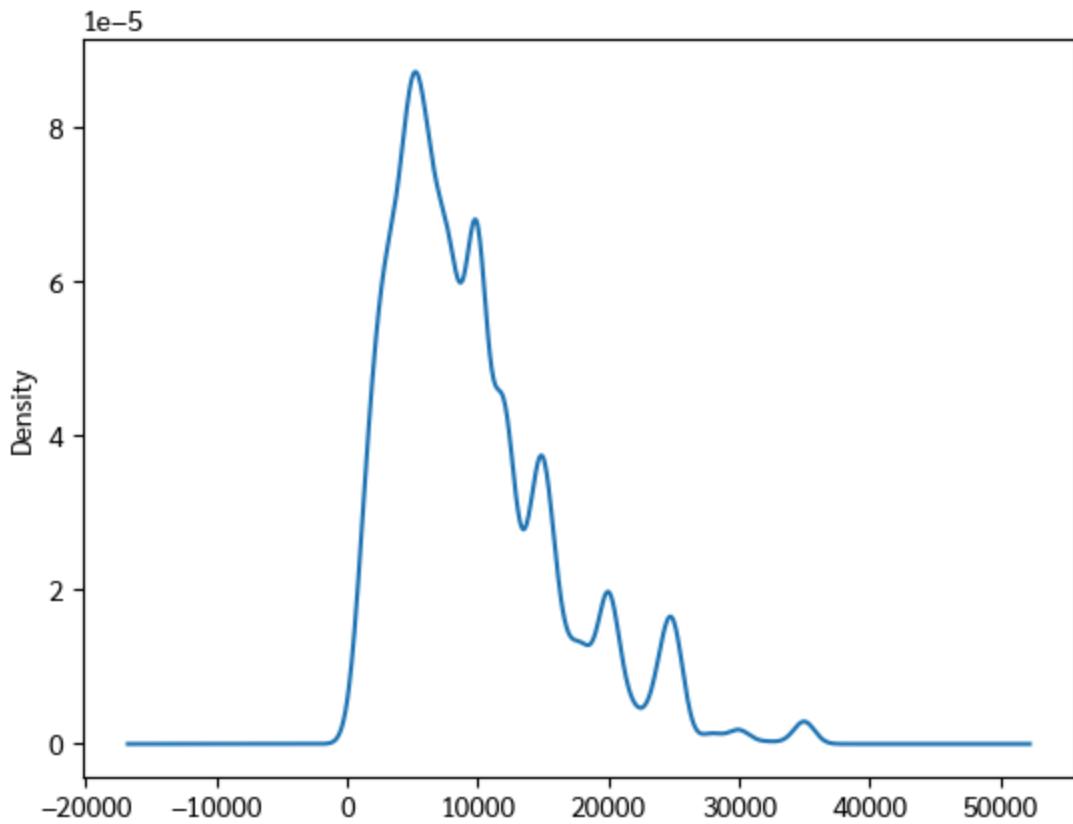


```
In [62]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

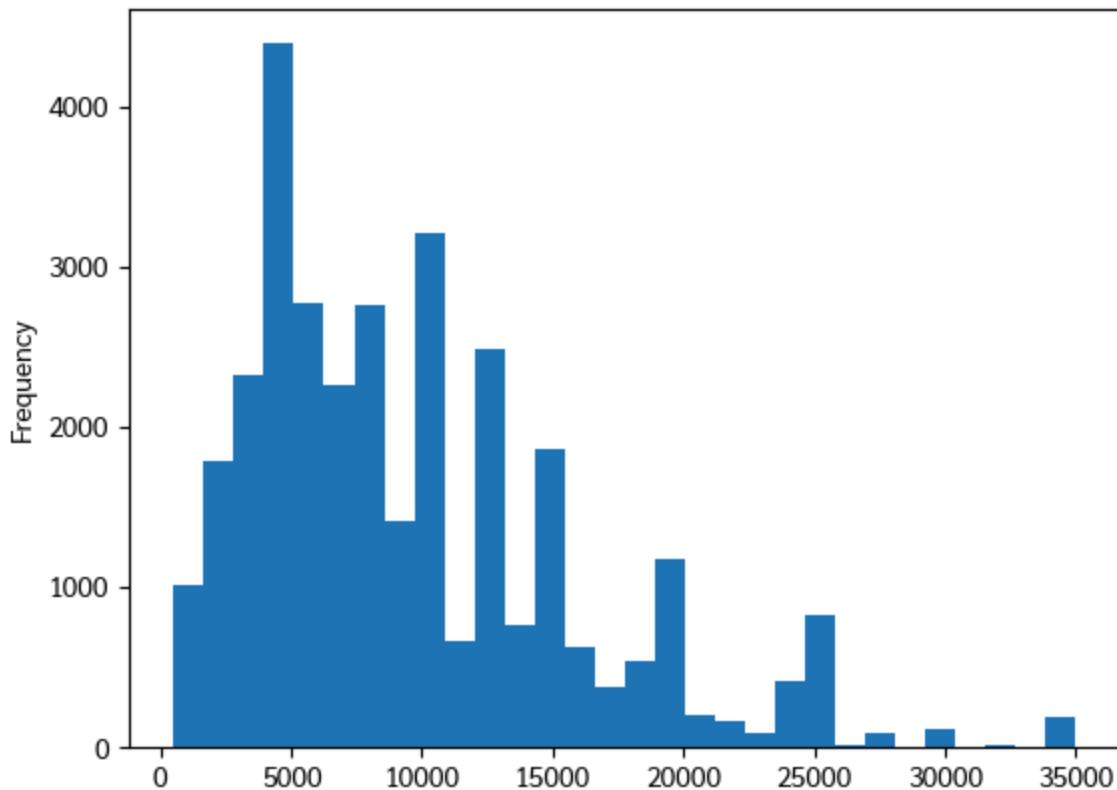
KS Statistic: 0.1076

ดูแลร 'loan\_amnt'

```
In [63]: # single column (density)
df['Loan_Amnt'].plot(kind='kde')
plt.show()
```



```
In [64]: df['Loan_Amnt'].plot(kind='hist', bins=30)  
plt.show()
```



```
In [65]: # Make a copy to avoid SettingWithCopy warnings  
df_woe = df.copy()
```

```
# Make a copy to avoid SettingWithCopy warnings
df_woe['Loan_Amnt_bin'] = pd.qcut(df_woe['Loan_Amnt'], q=5, precision=0)
```

In [68]:

```
print("\nDistribution of Loan_Amnt_bin:")
print(df_woe['Loan_Amnt_bin'].value_counts())
```

Distribution of Loan\_Amnt\_bin:

Loan_Amnt_bin	count
(6750.0, 10000.0]	8493
(499.0, 4400.0]	6543
(4400.0, 6750.0]	6489
(14500.0, 35000.0]	6489
(10000.0, 14500.0]	4559

Name: count, dtype: int64

In [69]:

```
# Calculate WOE for Loan Amount
woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df_woe, 'Loan_Amnt_bin', 'Loan_Status')

# --- THE FIX: Sort the bins numerically ---
# This ensures small loans appear on the left and large loans on the right
woe_df = woe_df.sort_values(by='Value')
# ----

print(f"Information Value: {iv_value}")
print(woe_df)

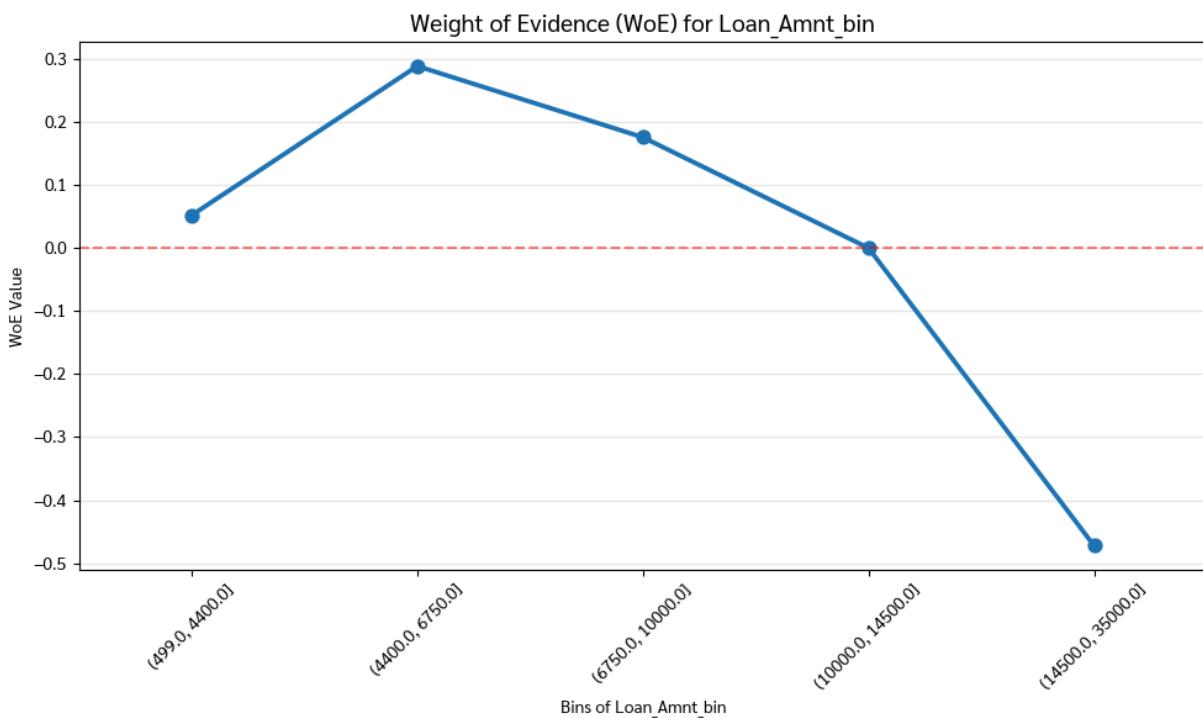
plot_woe(woe_df, 'Loan_Amnt_bin')
```

Information Value: 0.07343228865451851

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	\
0	(499.0, 4400.0]	6543	5172	1371	0.203094	0.192908	0.051455	
1	(4400.0, 6750.0]	6489	5366	1123	0.210712	0.158013	0.287815	
3	(6750.0, 10000.0]	8493	6881	1612	0.270203	0.226819	0.175024	
4	(10000.0, 14500.0]	4559	3564	995	0.139951	0.140003	-0.000368	
2	(14500.0, 35000.0]	6489	4483	2006	0.176039	0.282257	-0.472114	

IV

	IV
0	5.241171e-04
1	1.516759e-02
3	7.593392e-03
4	1.895253e-08
2	5.014717e-02



```
In [70]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.1063

### ตัวแปร 'Loan\_Percent\_Income\_bin'

```
In [71]: df_woe = df.copy()

df['Loan_Percent_Income_bin'] = pd.qcut(df['Loan_Percent_Income'], q=5, precision=2
woe_lpi, iv_lpi = calculate_woe_iv(df, 'Loan_Percent_Income_bin', 'Loan_Status')
```

```
In [72]: # Check the distribution (Missing should now appear in the list)
print("Distribution of Loan_Percent_Income_bin:")
print(df['Loan_Percent_Income_bin'].value_counts())
```

Distribution of Loan\_Percent\_Income\_bin:

Loan_Percent_Income_bin	Value
(-0.01, 0.08]	7569
(0.12, 0.18]	7343
(0.25, 0.83]	6277
(0.18, 0.25]	5799
(0.08, 0.12]	5585

Name: count, dtype: int64

```
In [73]: # Calculate WOE for Loan_Percent_Income_bin
woe_df, iv_value = calculate_woe_iv(df, 'Loan_Percent_Income_bin', 'Loan_Status')

# Sort the bins numerically
woe_df = woe_df.sort_values(by='Value')

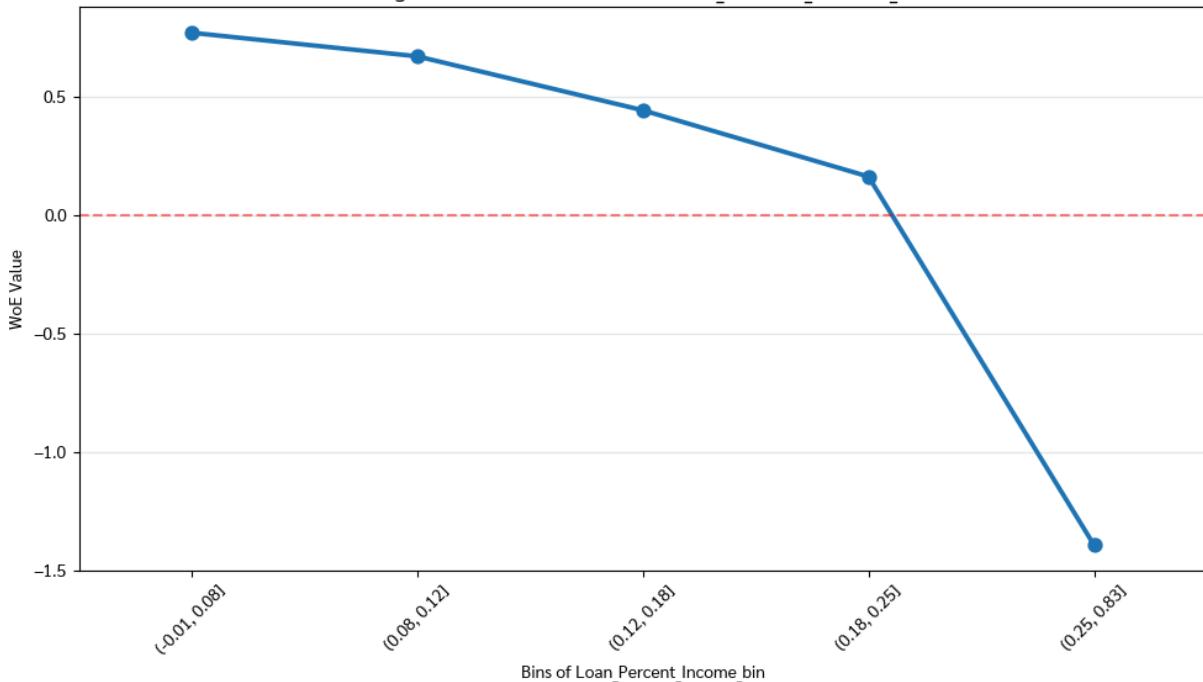
print(f"Information Value: {iv_value}")
print(woe_df)
```

```
plot_woe(woe_df, 'Loan_Percent_Income_bin')
```

Information Value: 0.7065981710724284

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	IV
4	(-0.01, 0.08]	7569	6705	864	0.263292	0.121570	0.772772	0.109519
0	(0.08, 0.12]	5585	4889	696	0.191981	0.097932	0.673129	0.063308
3	(0.12, 0.18]	7343	6229	1114	0.244601	0.156747	0.444995	0.039094
2	(0.18, 0.25]	5799	4689	1110	0.184128	0.156184	0.164595	0.004599
1	(0.25, 0.83]	6277	2954	3323	0.115998	0.467567	-1.393972	0.490078

Weight of Evidence (WoE) for Loan\_Percent\_Income\_bin



```
In [74]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_df)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.3516

## Loan\_Intent (Categorical)

```
# 2. Loan_Intent (Categorical)
woe_intent, iv_intent = calculate_woe_iv(df, 'Loan_Intent', 'Loan_Status')

# --- FIX: Sort by 'WoE' (Risk) instead of Alphabetical ---
# This makes the graph trend nicely from Low Risk -> High Risk
woe_intent = woe_intent.sort_values(by='WoE')
# ----- #

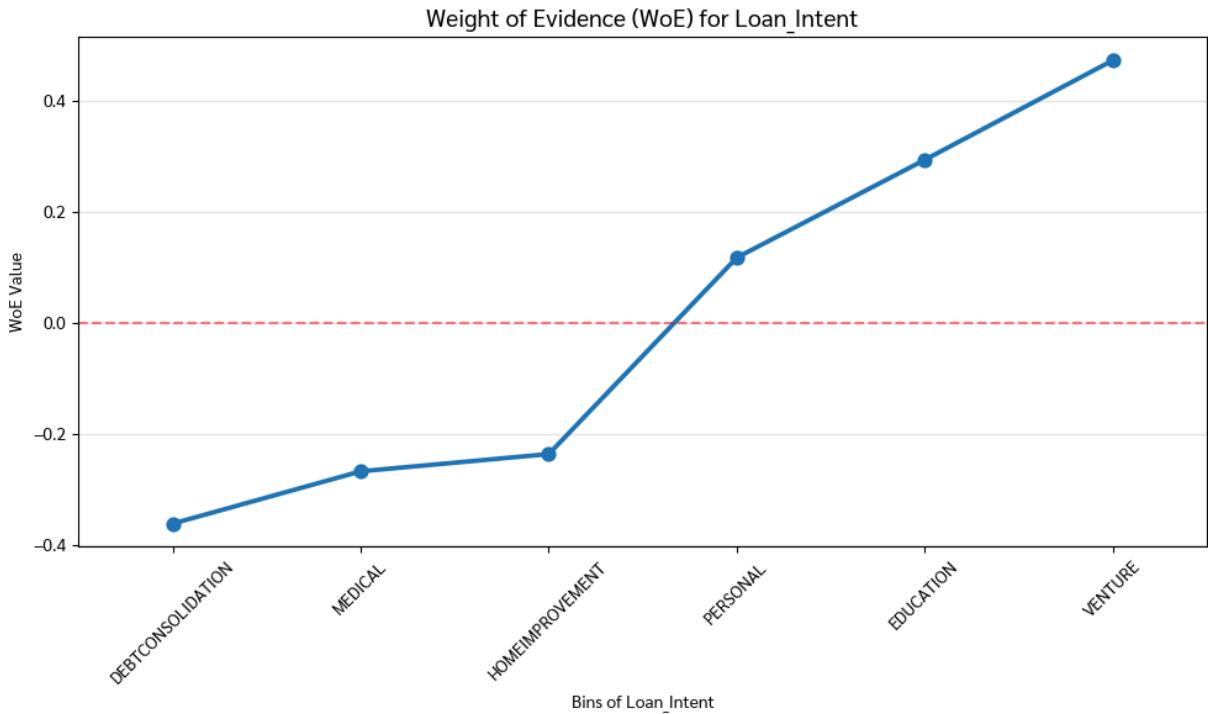
print(f"Information Value: {iv_intent}")
print(woe_intent)

plot_woe(woe_intent, 'Loan_Intent')
```

Information Value: 0.0956766961369648

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	\
5	DEBTCONSOLIDATION	5212	3722	1490	0.146156	0.209652	-0.360779	
1	MEDICAL	6070	4449	1621	0.174704	0.228085	-0.266628	
4	HOMEIMPROVEMENT	3605	2664	941	0.104610	0.132405	-0.235623	
3	PERSONAL	5519	4422	1097	0.173643	0.154355	0.117749	
0	EDUCATION	6451	5340	1111	0.209691	0.156325	0.293701	
2	VENTURE	5716	4869	847	0.191196	0.119178	0.472679	

IV  
5 0.022908  
1 0.014233  
4 0.006549  
3 0.002271  
0 0.015674  
2 0.034041



```
In [76]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_intent)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.1447

## Cb\_Default\_On\_File (Categorical)

```
In [77]: # 3. Cb_Default_On_File (Categorical)
woe_cb, iv_cb = calculate_woe_iv(df, 'Cb_Default_On_File', 'Loan_Status')

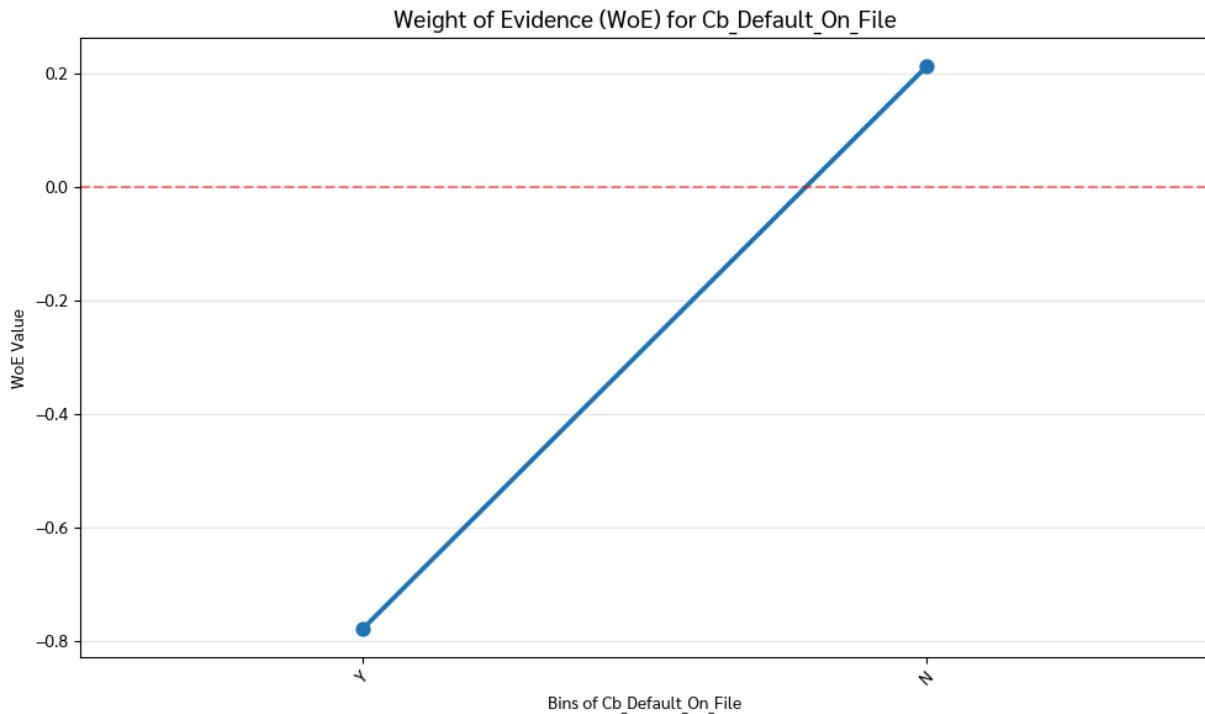
# --- FIX: Sort by 'WoE' ---
woe_cb = woe_cb.sort_values(by='WoE')
# ----- 

print(f"Information Value: {iv_cb}")
print(woe_cb)
```

```
plot_woe(woe_cb, 'Cb_Default_On_File')
```

Information Value: 0.16374731059533648

	Value	All	Good	Bad	Dist_Good	Dist_Bad	WoE	IV
1	Y	5744	3573	2171	0.140305	0.305473	-0.778046	0.128509
0	N	26829	21893	4936	0.859695	0.694527	0.213348	0.035238



```
In [78]: ks_score, ks_table = calculate_ks(woe_cb)
print(f"KS Statistic: {ks_score:.4f}")
```

KS Statistic: 0.1652

## การแปลความหมายค่า KS

ค่า KS จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (หรือ 0% ถึง 100%):

- || < 20%: ความสามารถในการแยกแยะต่ำมาก (โมเดลใช้ไม่ได้)
- || 20% - 40%: ความสามารถในการแยกแยะปานกลาง (ย้อมรับได้สำหรับงานทั่วไป)
- || 40% - 50%: ดีมาก (Good) เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับ Credit Scoring
- || 50% - 70%: ยอดเยี่ยม (Excellent)
- || 70%+: สูงผิดปกติ (อาจเกิด Overfitting หรือตัวแปรนั้นมีผลลัพธ์ในตัวแล้ว เช่น เอ้า คอลัมน์ "ยอดค้างชำระบัญชี" ในทำนาย "การเบี้ยวน้ำ")

## เกณฑ์การแปลความหมาย IV:

- || <0.02: ไม่มีอำนาจในการพยากรณ์

- 0.02 - 0.1: จำนวนการพยากรณ์ต่ำ
- 0.1 - 0.3: จำนวนการพยากรณ์ปานกลาง
- 0.3 - 0.5: จำนวนการพยากรณ์สูง
- 0.5+: สูงผิดปกติ (อาจเกิด Overfitting หรือ Data Leakage)

## Logistic Regression Model (WOE-based Credit Scoring Model)

```
In [79]: # --- 1. Consolidate Binning into Main DataFrame (df) ---

# Income Binning
df['income_bin'] = pd.qcut(df['Income'], q=5, precision=0)

# Emp_Length Binning (Your logic from the screenshot, applied to df)
bins_emp = [0, 2, 4, 6, 8, 10, 40, float('inf')]
labels_emp = ['<2', '2-4', '4-6', '6-8', '8-10', '10-40', '>40']
df['Emp_Length_bin'] = pd.cut(df['Emp_Length'], bins=bins_emp, labels=labels_emp, r
df['Emp_Length_bin'] = df['Emp_Length_bin'].cat.add_categories(['Missing']).fillna('

# Loan Amount Binning
df['Loan_Amnt_bin'] = pd.qcut(df['Loan_Amnt'], q=5, precision=0)

# Loan Percent Income Binning (Adding this as it's a strong predictor)
#df['Loan_Percent_Income_bin'] = pd.qcut(df['Loan_Percent_Income'], q=5, precision=0

print("Binning complete. Columns in df:", df.columns)
```

Binning complete. Columns in df: Index(['Age', 'Income', 'Home\_Ownership', 'Emp\_Length', 'Loan\_Intent',  
       'Loan\_Grade', 'Loan\_Amnt', 'Loan\_Int\_Rate', 'Loan\_Status',  
       'Loan\_Percent\_Income', 'Cb\_Default\_On\_File', 'Cb\_Cred\_Hist\_Length',  
       'income\_bin', 'age\_bin', 'Loan\_Percent\_Income\_bin', 'Emp\_Length\_bin',  
       'Loan\_Amnt\_bin'],  
       dtype='object')

```
In [80]: # --- 2. Calculate WOE for each feature and save to unique variables ---

# Home Ownership
woe_home, iv_home = calculate_woe_iv(df, 'Home_Ownership', 'Loan_Status')

# Income
woe_income, iv_income = calculate_woe_iv(df, 'income_bin', 'Loan_Status')

# Emp Length
woe_emp, iv_emp = calculate_woe_iv(df, 'Emp_Length_bin', 'Loan_Status')

# Loan Amount
woe_amnt, iv_amnt = calculate_woe_iv(df, 'Loan_Amnt_bin', 'Loan_Status')

# Loan Percent Income
```

```
#woe_lpi, iv_lpi = calculate_woe_iv(df, 'Loan_Percent_Income_bin', 'Loan_Status')

print("WOE Tables ready.")
```

WOE Tables ready.

In [81]: # --- 3. Transform Data to WOE Values ---

```
def replace_with_woe(df, woe_df_list, feature_map):
    df_woe_final = df.copy()
    for col_name, woe_df in woe_df_list.items():
        woe_map = dict(zip(woe_df['Value'], woe_df['WoE']))
        binned_col = feature_map[col_name]
        df_woe_final[col_name + '_woe'] = df_woe_final[binned_col].map(woe_map)
    return df_woe_final

# Dictionary of your calculated WOE dataframes
woe_dataframes = {
    'Home_Ownership': woe_home,
    'Income': woe_income,
    'Emp_Length': woe_emp,
    'Loan_Amnt': woe_amnt,
}

# Mapping: {Feature Name in woe_dataframes : Column Name in df}
feature_map = {
    'Home_Ownership': 'Home_Ownership',
    'Income': 'income_bin',
    'Emp_Length': 'Emp_Length_bin',
    'Loan_Amnt': 'Loan_Amnt_bin',
}

# Transform
final_train_df = replace_with_woe(df, woe_dataframes, feature_map)

# Show the result
pd.reset_option('display.float_format')
print(final_train_df.filter(like='_woe').head())
```

	Home_Ownership_woe	Income_woe	Emp_Length_woe	Loan_Amnt_woe
1	1.240513	-1.005194	0.116057	0.051455
2	0.662946	-1.005194	-0.323079	0.287815
3	-0.502822	0.493634	0.116057	-0.472114
4	-0.502822	0.227718	0.295917	-0.472114
5	1.240513	-1.005194	-0.070332	0.051455

In [82]: # 1. Define X (Features) and y (Target)

```
# We only use the WOE columns we just created.
# Note: We EXCLUDE 'Loan_Int_Rate' (Leakage) and 'Age' (Weak)
feature_cols = [
    'Home_Ownership_woe',
    'Income_woe',
    'Emp_Length_woe',
    'Loan_Amnt_woe',
]
```

```
X = final_train_df[feature_cols]
y = final_train_df['Loan_Status']

# 2. Train-Test Split (80% Train, 20% Test)
# random_state=42 ensures we get the same split every time we run it
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# 3. Train Logistic Regression Model (using Statsmodels)
# Statsmodels requires us to manually add a constant (Intercept)
X_train_const = sm.add_constant(X_train)
logit_model = sm.Logit(y_train, X_train_const)
result = logit_model.fit()

# 4. Print Model Summary
# Look for P>|z|. If value is < 0.05, the variable is significant.
print(result.summary())
```

Optimization terminated successfully.

Current function value: 0.437764

## Iterations 6

## Logit Regression Results

```

Dep. Variable:                 Loan_Status      No. Observations:                  26058
Model:                          Logit             Df Residuals:                      26053
Method:                         MLE               Df Model:                           4
Date: Sat, 27 Dec 2025          Pseudo R-squ.:                   0.1648
Time: 19:16:54                  Log-Likelihood:                -11407.
converged:                      True              LL-Null:                      -13658.
Covariance Type:               nonrobust         LLR p-value:                   0.000
=====
==

                                coef      std err            z      P>|z|      [0.025      0.9
5]
-----
-- 
const                 -1.3031      0.017     -75.582      0.000     -1.337     -1.
69
Home_Ownership_woe   -0.8540      0.028     -30.414      0.000     -0.909     -0.
99
Income_woe            -1.2511      0.028     -45.191      0.000     -1.305     -1.
97
Emp_Length_woe        -0.2201      0.070     -3.161       0.002     -0.357     -0.
84
Loan_Amnt_woe         -2.5574      0.069     -37.241      0.000     -2.692     -2.
23
=====

==
```

1. โมเดล converge สำเร็จ และมีนัยสำคัญโดยรวม (LLR p-value = 0.000)  $\Rightarrow$  โมเดลตีก่าว่าการเดาสูงอย่างมีนัยสำคัญ

Pseudo R<sup>2</sup> = 0.1648 ⇒ ระดับปานกลาง (ถือว่าโอดีสำหรับ credit scoring)

ใช้ข้อมูล 26,058 รายการ และตัวแปร 4 ตัว (+ intercept)

## 2. นัยสำคัญของตัวแปร

ตัวแปรทุกตัวมี  $p\text{-value} < 0.05 \Rightarrow$  มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งหมด ควรเก็บไว้

### 3. การตีความค่าสัมประสิทธิ์ (Coef)

เนื่องจากเป็น WOE และ target คือ Loan\_Status (ผิดนัด) ค่า coef ติดลบ  $\Rightarrow$  WOE สูงขึ้น  $\rightarrow$  ความเสี่ยงผิดนัด ลดลง

Loan\_Amnt\_woe (-2.557)  $\rightarrow$  แรงที่สุด ขนาดเงินกู้เป็นตัวขับเคลื่อนความเสี่ยงหลัก

Income\_woe (-1.251)  $\rightarrow$  อันดับสอง รายได้สูง (WOE ดี) ลดความเสี่ยงชัดเจน

Home\_Ownership\_woe (-0.854)  $\rightarrow$  อันดับสาม รูปแบบการอยู่อาศัยมีผลต่อความเสี่ยง

Emp\_Length\_woe (-0.220)  $\rightarrow$  อ่อนที่สุด แต่ยังมีนัยสำคัญ ( $p = 0.002$ )

```
In [81]: # Predict on the Test Set
X_test_const = sm.add_constant(X_test)
y_pred_prob = result.predict(X_test_const)

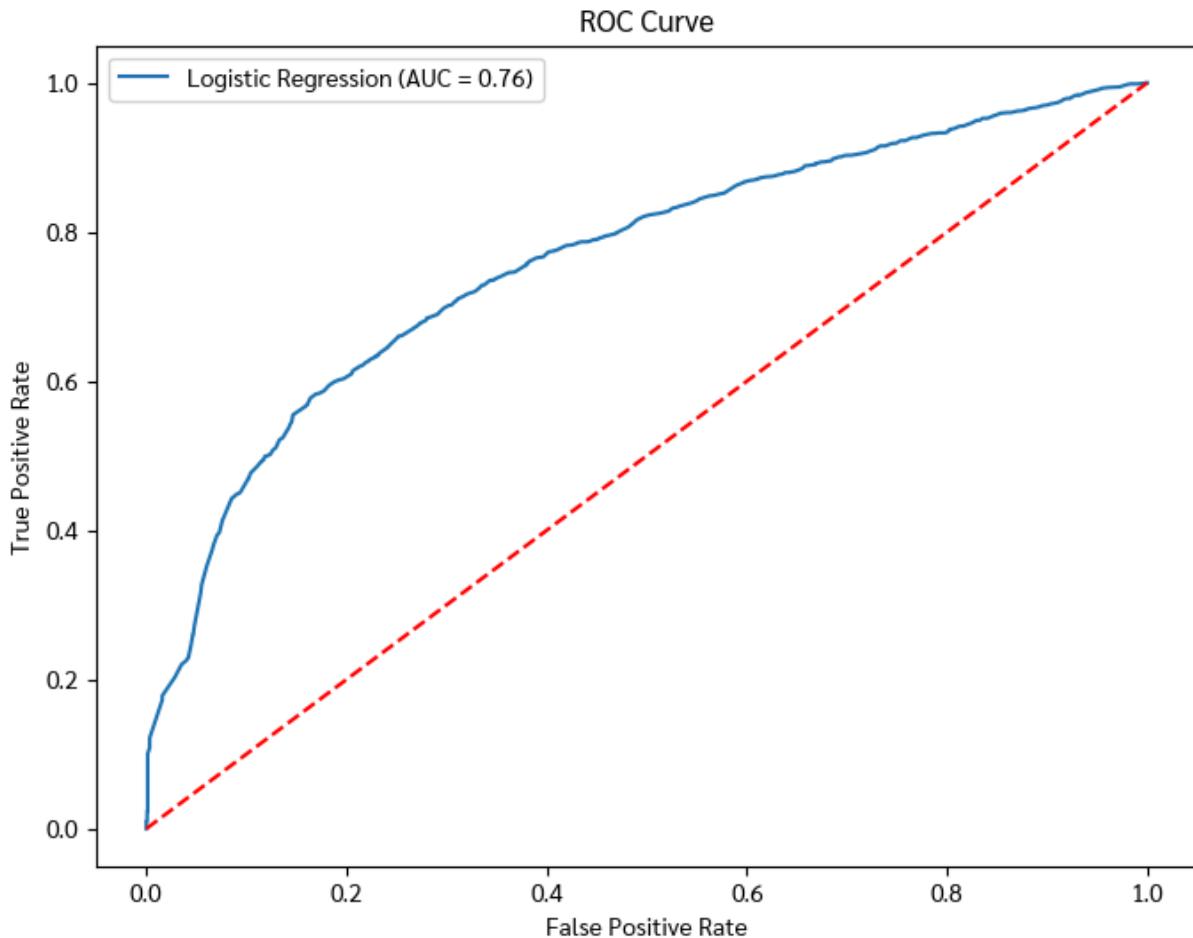
# Calculate AUC (Area Under Curve)
auc = roc_auc_score(y_test, y_pred_prob)
gini = 2 * auc - 1

print(f"AUC Score: {auc:.4f}")
print(f"Gini Coefficient: {gini:.4f}")

# Plot ROC Curve
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, y_pred_prob)
plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.plot(fpr, tpr, label=f'Logistic Regression (AUC = {auc:.2f})')
plt.plot([0, 1], [0, 1], 'r--') # Random guess line
plt.xlabel('False Positive Rate')
plt.ylabel('True Positive Rate')
plt.title('ROC Curve')
plt.legend()
plt.show()
```

AUC Score: 0.7614

Gini Coefficient: 0.5229



โน้ตเดลมีความสามารถแยกกลุ่มลูกค้าที่เสี่ยงกับไม่เสี่ยงได้ดีกว่าข้างต่อไปในเก็บขั้นยอดเยี่ยม โดย

AUC = 0.7614 หมายถึงโน้ตเดลมีโอกาส ~76% ที่จะจัดอันดับลูกค้าที่ผิดนัดสูงกว่าลูกค้าที่ไม่ผิดนัด (ดีกว่าการเดาสุ่มชัดเจน)

Gini = 0.5229 ถือว่าอยู่ในระดับ ใช้งานได้จริง (acceptable-good) สำหรับโน้ตเดล credit scoring

จากกราฟ ROC เสน่ห์ดีอยู่เนื้อเสน่ห์สูงมาก แปลว่าโน้ตเดลเรียนรู้สัญญาณความเสี่ยงได้จริง แต่ยังมีช่องให้ปรับปรุง (เช่น feature เพิ่ม / binning / interaction)

In [82]: # Predict PD on Test Set

```
X_test_const = sm.add_constant(X_test)
y_pred_prob = result.predict(X_test_const)
```

In [83]: df\_ks\_model = pd.DataFrame({

```
'y_true': y_test,
'y_pred': y_pred_prob
})
```

# Sort by predicted probability (Low risk -> High risk)

```
df_ks_model = df_ks_model.sort_values(by='y_pred').reset_index(drop=True)
```

In [84]: # Define Good / Bad

```
df_ks_model['Good'] = (df_ks_model['y_true'] == 0).astype(int)
```

```

df_ks_model['Bad'] = (df_ks_model['y_true'] == 1).astype(int)

# Distribution
df_ks_model['Dist_Good'] = df_ks_model['Good'] / df_ks_model['Good'].sum()
df_ks_model['Dist_Bad'] = df_ks_model['Bad'] / df_ks_model['Bad'].sum()

# Cumulative Distribution
df_ks_model['Cum_Good'] = df_ks_model['Dist_Good'].cumsum()
df_ks_model['Cum_Bad'] = df_ks_model['Dist_Bad'].cumsum()

# KS Difference
df_ks_model['KS_Diff'] = np.abs(df_ks_model['Cum_Good'] - df_ks_model['Cum_Bad'])

```

In [85]: `ks_model = df_ks_model['KS_Diff'].max()  
print(f"KS Statistic (Model): {ks_model:.4f}")`

KS Statistic (Model): 0.4156

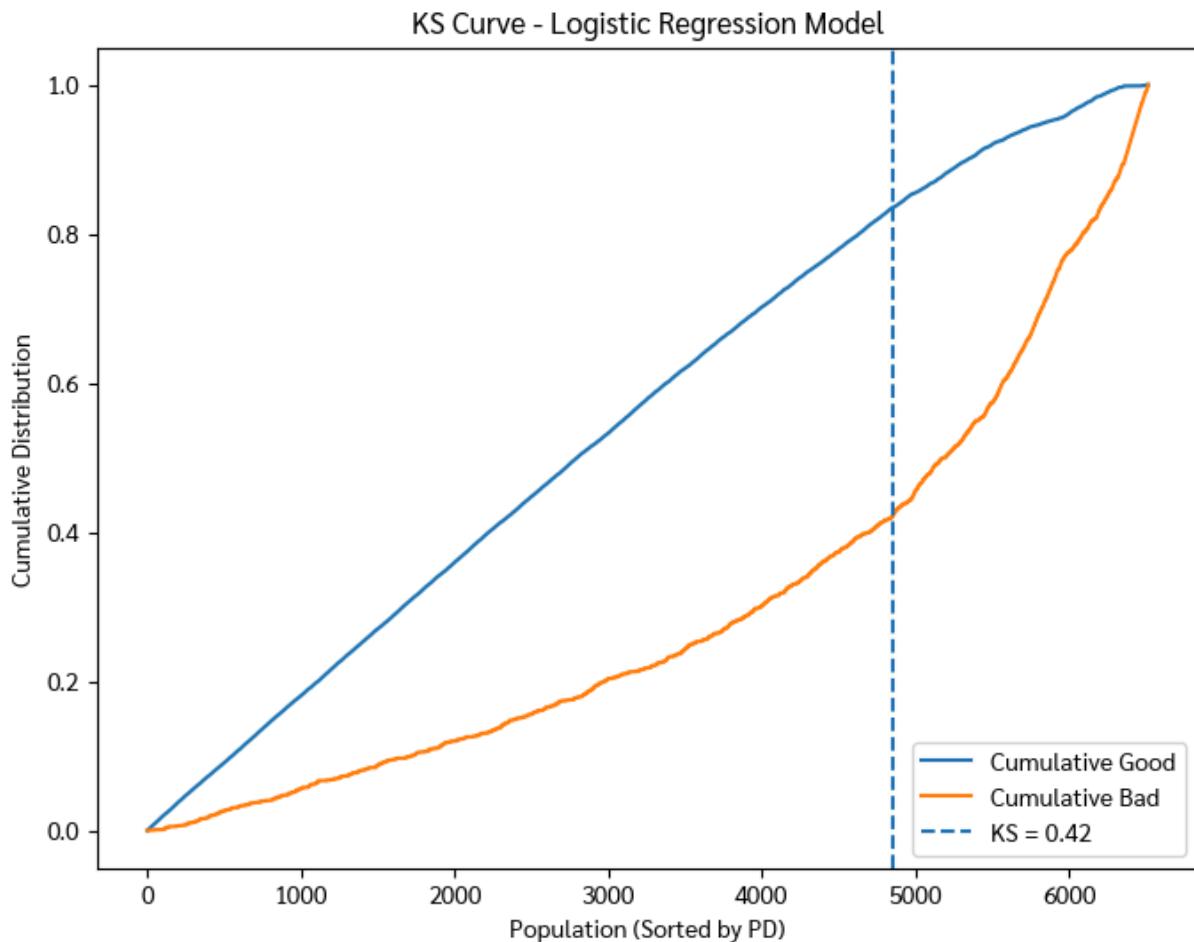
In [86]: `# หา KS สูงสุด (ตำแหน่ง)  
ks_max = df_ks_model['KS_Diff'].max()  
ks_idx = df_ks_model['KS_Diff'].idxmax()`

In [95]: `plt.figure(figsize=(8, 6))

# Cumulative curves
plt.plot(df_ks_model['Cum_Good'], label='Cumulative Good')
plt.plot(df_ks_model['Cum_Bad'], label='Cumulative Bad')

# Vertical line at KS point
plt.axvline(x=ks_idx, linestyle='--', label=f'KS = {ks_max:.2f}')

plt.xlabel('Population (Sorted by PD)')
plt.ylabel('Cumulative Distribution')
plt.title('KS Curve - Logistic Regression Model')
plt.legend(loc='lower right')
plt.show()`



## Interpreting the results

- ภาพรวมและวัดคุณภาพของโมเดลนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้าง แบบจำลองคะแนนเครดิต (Credit Scoring Model) โดยใช้เทคนิค Logistic Regression เพื่อท่านายโอกาสในการผิดนัดชำระหนี้ (Default) จากข้อมูลลูกค้าจำนวน 32,581 ราย
- ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญ (Key Risk Drivers)จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) และค่า Information Value (IV) พบว่าปัจจัยที่บ่งชี้ความเสี่ยงได้ดีที่สุดคือ:
  - สัดส่วนหนี้ต่อรายได้ (Loan\_Percent\_Income): มีความสัมพันธ์กับการผิดนัดชำระหนี้สูงที่สุด ( $r=0.38$ ) กล่าวคือ ยิ่งมีภาระหนี้สูงเมื่อเทียบกับรายได้ ยิ่งมีความเสี่ยงสูง
  - อัตราดอกเบี้ย (Loan\_Int\_Rate): ดอกเบี้ยที่สูงมักสัมพันธ์กับกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ( $r=0.34$ )
  - สถานะที่อยู่อาศัย (Home\_Ownership): ผู้ที่ "เช่า" (RENT) มีความเสี่ยงสูงกว่าผู้ที่เป็น "เจ้าของ" (OWN) หรือผ่อนบ้าน (MORTGAGE) อย่างชัดเจน
- ประสิทธิภาพของโมเดล (Model Performance) โดยเดล Logistic Regression ที่สร้างขึ้น (โดยตัดตัวแปรดอกเบี้ยออกเพื่อป้องกัน Data Leakage) ให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ "ดี" (Good/Acceptable) สำหรับงาน Credit Scoring:

AUC Score = 0.7614: โน้ตเดลมีความสามารถในการแยกแยะคนดีกับคนที่จะเบี้ยวน้ำได้ถูกต้องประมาณ 76% (ดีกว่าการเดาสุ่มขั้ดเจน)

KS Statistic = 0.42 (หรือ 41.56%): ค่านี้ยืนยันว่าโน้ตเดลสามารถแยกกลุ่มลูกค้าที่ดีและแบ่งออกจากกันได้ดีที่สุดที่จุดดังนี้ (เกณฑ์ทั่วไปคือ 40-50% ถือว่าดีมาก)

Gini Coefficient = 0.5229: อภิญในระดับที่ยอมรับได้และใช้งานได้จริง

4. ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนเครดิตมากที่สุด (ในโน้ตเดลสุดท้าย) เมื่อตูจากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ในโน้ตเดลสุดท้าย พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนน (Score) เรียงจากมากไปน้อยคือ:

- วงเงินกู้ (Loan\_Amount): มีผลมากที่สุด ยิ่งกู้เยอะ คะแนนยิ่งลดลง (ความเสี่ยงเพิ่ม)
- รายได้ (Income): มีผลรองลงมา รายได้สูงช่วยลดความเสี่ยงได้มาก
- ที่อยู่อาศัย (Home\_Ownership): การเป็นเจ้าของบ้านช่วยเพิ่มคะแนนความน่าเชื่อถือ
- อายุงาน (Emp\_Length): มีผลน้อยที่สุดในกลุ่ม แต่ก็ยังมีนัยสำคัญทางสถิติ

```
In [97]: model_package = {
    'model': result, # ตัวโน้ตเดลที่ Train เสร็จแล้ว (จาก cell 80) [cite: 1]
    'woe_maps': woe_dataframes, # ตารางที่เก็บค่า WOE ของแต่ละตัวแปร (จาก cell 79) [c
    'feature_map': feature_map # ตัวช่วยจับคู่ชื่อคอลัมน์ (จาก cell 79) [cite: 1608]
}

filename = 'model/credit_scorecard_model.pkl'
with open(filename, 'wb') as file:
    pickle.dump(model_package, file)

print(f"บันทึกโน้ตเดลเรียบร้อยแล้วที่: {filename}")
```

บันทึกโน้ตเดลเรียบร้อยแล้วที่: model/credit\_scorecard\_model.pkl

## ScoreCard

### The Scoring Logic (WIP)

$$\text{Score} = \text{Offset} + \text{Factor} \times \ln(\text{Odds})$$

```
In [82]: # --- 1. Settings ---
TARGET_SCORE = 600
TARGET_ODDS = 50
PDO = 20

# Calculate Factor and Offset
factor = PDO / np.log(2)
offset = TARGET_SCORE - (factor * np.log(TARGET_ODDS))

print(f"Factor: {factor:.2f}")
print(f"Offset: {offset:.2f}")

# --- 2. Extract Coefficients ---
# Get the intercept (alpha) and feature coefficients (betas) from your model
```

```

intercept = result.params['const']
coeffs = result.params.drop('const')

# --- 3. Calculate Base Score ---
# Since your model predicts Log(Bad/Good), and we want Score ~ Log(Good/Bad),
# we negate the equation.
# Base Score = Offset + Factor * (-Intercept)
base_score = offset + (factor * -intercept)

print(f"Base Score (Intercept Points): {base_score:.0f}")

# --- 4. Generate Scorecard Table ---
scorecard = []

# List of your features and their corresponding original WOE dataframes
# IMPORTANT: Ensure 'woe_dataframes' dictionary (from previous steps) is available
features_list = {
    'Home_Ownership_woe': ('Home_Ownership', woe_home),
    'Income_woe': ('Income', woe_income),
    'Emp_Length_woe': ('Emp_Length', woe_emp),
    'Loan_Amnt_woe': ('Loan_Amnt', woe_amnt),
}

for col_model, (col_original, df_woe) in features_list.items():
    # Get the coefficient for this feature
    beta = coeffs[col_model]

    # Iterate through the bins in the WOE dataframe
    for index, row in df_woe.iterrows():
        woe_val = row['WoE']
        bin_label = row['Value']

        # Calculate Score Point for this bin
        # Point = (-Factor) * (Coefficient) * (WOE)
        points = (-factor) * beta * woe_val

        scorecard.append({
            'Feature': col_original,
            'Bin': bin_label,
            'WoE': woe_val,
            'Points': round(points) # Round to nearest integer
        })

# Create DataFrame
df_scorecard = pd.DataFrame(scorecard)

# --- 5. Display Final Scorecard ---
print("\n--- FINAL CREDIT SCORECARD ---")
print(f"Base Score: {round(base_score)}")
display(df_scorecard)

```

Factor: 28.85  
 Offset: 487.12  
 Base Score (Intercept Points): 525

--- FINAL CREDIT SCORECARD ---

Base Score: 525

	Feature	Bin	WoE	Points
0	Home_Ownership	OWN	1.240513	31
1	Home_Ownership	MORTGAGE	0.662946	16
2	Home_Ownership	RENT	-0.502822	-12
3	Home_Ownership	OTHER	-0.468706	-12
4	Income	(3999.0, 35000.0]	-1.005194	-36
5	Income	(63000.0, 86000.0]	0.493634	18
6	Income	(49000.0, 63000.0]	0.227718	8
7	Income	(86000.0, 2039784.0]	1.020571	37
8	Income	(35000.0, 49000.0]	-0.093159	-3
9	Emp_Length	4-6	0.116057	1
10	Emp_Length	<2	-0.323079	-2
11	Emp_Length	8-10	0.295917	2
12	Emp_Length	2-4	-0.070332	0
13	Emp_Length	6-8	0.189314	1
14	Emp_Length	10-40	0.352184	2
15	Emp_Length	Missing	-0.499806	-3
16	Emp_Length	>40	0.000000	0
17	Loan_Amnt	(499.0, 4400.0]	0.051455	4
18	Loan_Amnt	(4400.0, 6750.0]	0.287815	21
19	Loan_Amnt	(14500.0, 35000.0]	-0.472114	-35
20	Loan_Amnt	(6750.0, 10000.0]	0.175024	13
21	Loan_Amnt	(10000.0, 14500.0]	-0.000368	0

```
In [87]: # -----
# 1. สร้างฟังก์ชันแปลงข้อมูลเดิมเป็น WOE
# -----
def get_woe_values(income, loan_amnt, emp_length, home_ownership):

    # 1. Income WOE (รายได้ต่อปี)
    if income <= 35000:
        income_woe = -1.005194
```

```

    elif income <= 49000:
        income_woe = -0.093159
    elif income <= 63000:
        income_woe = 0.227718
    elif income <= 86000:
        income_woe = 0.493634
    else: # > 86000
        income_woe = 1.020571

# 2. Loan Amount WOE (ยอดเงินกู้)
if loan_amnt <= 4400:
    loan_amnt_woe = 0.051455
elif loan_amnt <= 6750:
    loan_amnt_woe = 0.287815
elif loan_amnt <= 10000:
    loan_amnt_woe = 0.175024
elif loan_amnt <= 14500:
    loan_amnt_woe = -0.000368
else: # > 14500
    loan_amnt_woe = -0.472114

# 3. Employment Length WOE (อายุงาน)
if emp_length < 2:
    emp_woe = -0.323079
elif emp_length <= 4:
    emp_woe = -0.070332
elif emp_length <= 6:
    emp_woe = 0.116057
elif emp_length <= 8:
    emp_woe = 0.189314
elif emp_length <= 10:
    emp_woe = 0.295917
elif emp_length <= 40:
    emp_woe = 0.352184
else: # > 40
    emp_woe = 0.0 # หรือใช้ค่าเฉลี่ย

# 4. Home Ownership WOE (ที่อยู่อาศัย)
home_map = {
    'OWN': 1.240513,
    'MORTGAGE': 0.662946,
    'RENT': -0.502822,
    'OTHER': -0.468706
}
home_woe = home_map.get(home_ownership, -0.468706) # Default to OTHER if not found

return income_woe, loan_amnt_woe, emp_woe, home_woe

```

In [95]:

```

# -----
# 2. ส่วนใส่ข้อมูลเลข (Input Data)
# -----
my_income = 55000          # รายได้ต่อปี
my_loan_amnt = 10000        # ยอดที่ต้องการกู้
my_emp_length = 5           # อายุงาน (ปี)
my_home = 'RENT'            # สถานะบ้าน: RENT, OWN, MORTGAGE, OTHER

```

```
# แปลงเป็น WOE
inc_w, loan_w, emp_w, home_w = get_woe_values(my_income, my_loan_amnt, my_emp_length)

# สร้าง DataFrame สำหรับเข้าโมเดล (ต้องมี column 'const' ด้วยเพราะใช้ statsmodels)
input_df = pd.DataFrame({
    'const': [1.0],
    'Home_Ownership_woe': [home_w],
    'Income_woe': [inc_w],
    'Emp_Length_woe': [emp_w],
    'Loan_Amnt_woe': [loan_w]
})
```

In [96]:

```
# -----
# 3. ท่านายผล (Prediction)
# -----
# ใช้ตัวแปร result
prob_default = result.predict(input_df)[0]
percent_risk = prob_default * 100

# คำนวณ Credit Score (ไข้สูตรจาก Scorecard ที่คุณทำ) [cite: 1840, 1851]
factor = 28.85
offset = 487.12
base_score = 525
# Score Formula: Offset + Factor * -Logit (โดยประมาณจากผลรวมคะแนน)

if prob_default == 0: prob_default = 0.000001
if prob_default == 1: prob_default = 0.999999
odds = (1 - prob_default) / prob_default
my_score = offset + (factor * np.log(odds))

print("*40)
print(f"-- ผลการท่านายสำหรับยอดกู้ {my_loan_amnt:,} บาท --")
print(f"รายได้: {my_income:,} | อายุงาน: {my_emp_length} ปี | บ้าน: {my_home}")
print("- * 40)
print(f"ความน่าจะเป็นที่จะ 'ผิดนัดชำระหนี้' (PD): {percent_risk:.2f}%")
print(f"คะแนนเครดิต (Credit Score): {int(my_score)}")
print("*40)

# แปลผลง่ายๆ
if percent_risk > 50:
    print("ผลประเมิน: ⚫ มีความเสี่ยงสูง (High Risk)")
elif percent_risk > 20:
    print("ผลประเมิน: ⚪ มีความเสี่ยงปานกลาง (Medium Risk)")
else:
    print("ผลประเมิน: ⚩ ความเสี่ยงต่ำ (Low Risk) - น่าจะอนุมัติ")
```

```
=====
-- ผลการท่านายสำหรับยอดกู้ 10,000 บาท --

```

```
รายได้: 55,000 | อายุงาน: 5 ปี | บ้าน: RENT
-----
```

```
ความน่าจะเป็นที่จะ 'ผิดนัดชำระหนี้' (PD): 16.36%
```

```
คะแนนเครดิต (Credit Score): 534
=====
```

```
ผลประเมิน: ⚩ ความเสี่ยงต่ำ (Low Risk) - น่าจะอนุมัติ
```

In [98]:

df

Out[98]:

	Age	Income	Home_Ownership	Emp_Length		Loan_Intent	Loan_Grade	Lo
<b>1</b>	21	9600	OWN	5	EDUCATION	B		
<b>2</b>	25	9600	MORTGAGE	1	MEDICAL	C		
<b>3</b>	23	65500	RENT	4	MEDICAL	C		
<b>4</b>	24	54400	RENT	8	MEDICAL	C		
<b>5</b>	21	9900	OWN	2	VENTURE	A		
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>32576</b>	57	53000	MORTGAGE	1	PERSONAL	C		
<b>32577</b>	54	120000	MORTGAGE	4	PERSONAL	A		
<b>32578</b>	65	76000	RENT	3	HOMEIMPROVEMENT	B		
<b>32579</b>	56	150000	MORTGAGE	5	PERSONAL	B		
<b>32580</b>	66	42000	RENT	2	MEDICAL	B		

32573 rows × 17 columns



In [ ]: