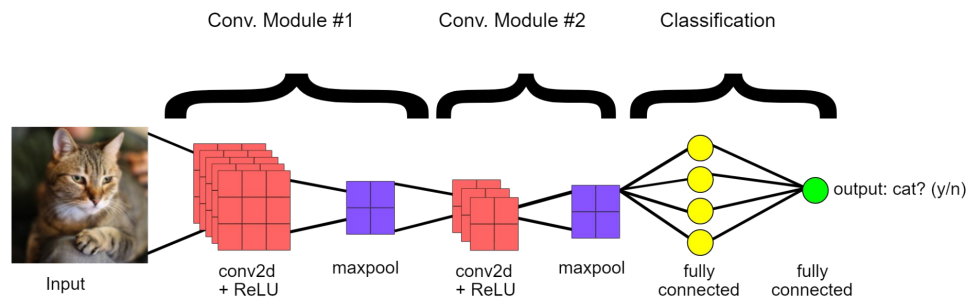


Методи класифікації нот в акустичному сигналі

Виконав: Красницький Микита Олександрович

Керівник: Шпилька Олександр Олександрович

Актуальність



"I love this movie.
I've seen it many times
and it's still awesome."



"This movie is bad.
I don't like it at all.
It's terrible."



Рисунок 1.1 — Приклади використання машинного навчання

Популярні класифікатори

1. Гаусівський наївний Байєсівський класифікатор
2. SVM
3. Перцептрон
4. Класифікатор лінійного дискримінантного аналізу
5. Дерево прийняття рішення

Постановка задачі

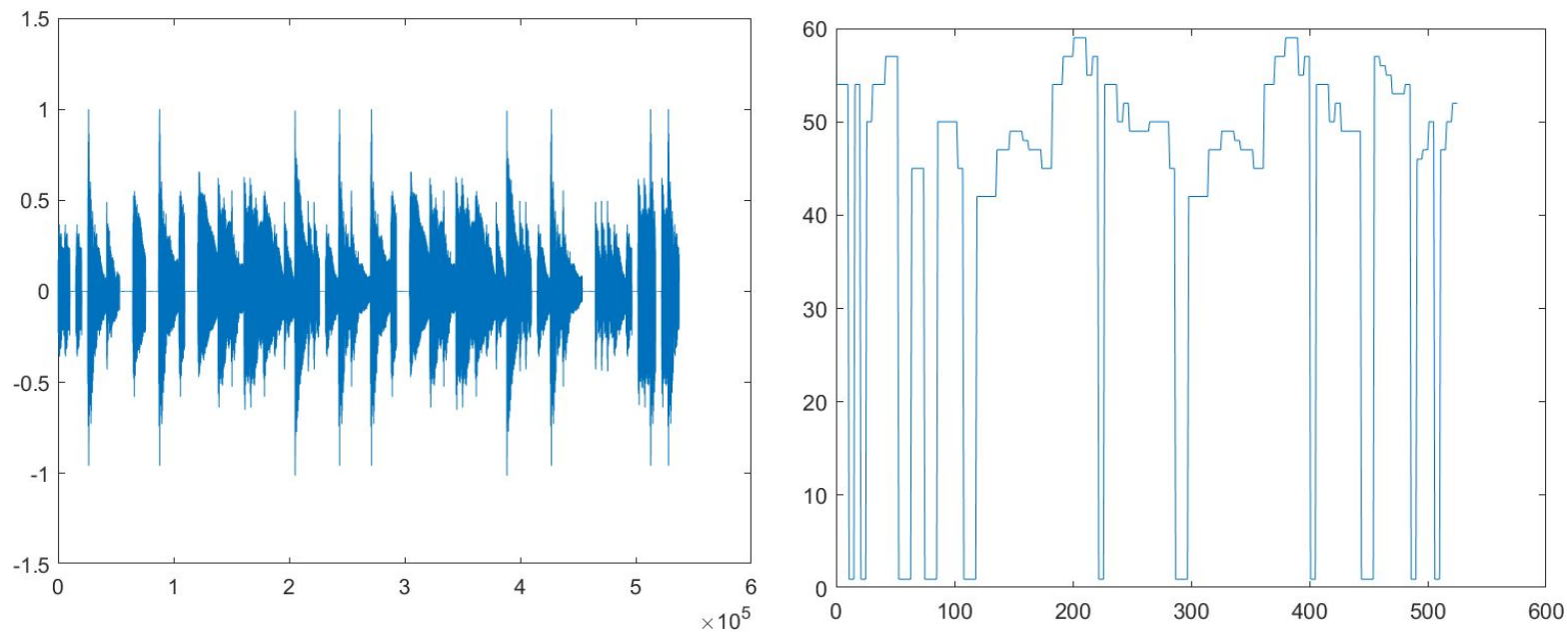
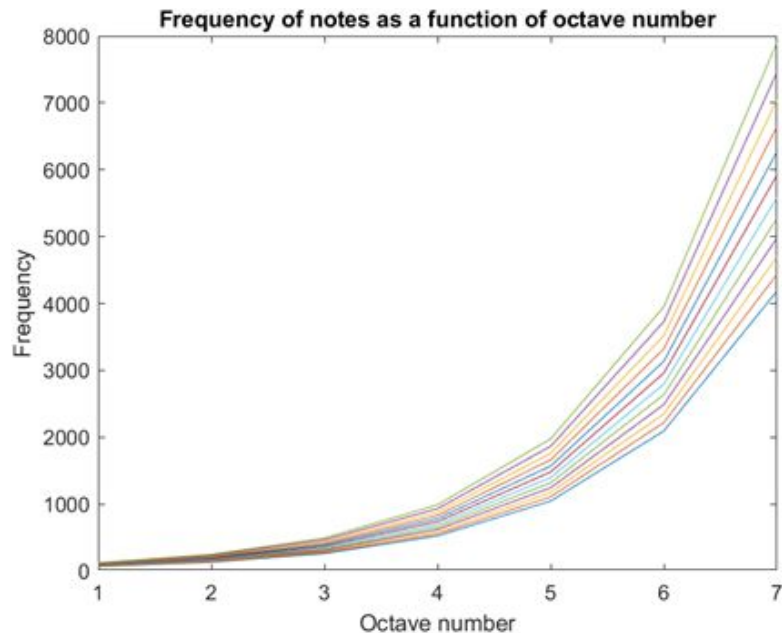


Рисунок 1.2 — Приклад композиції що відповідає задачі

Частоти нот



Таблиця 1.1 – Частоти нот кожної октави

Ноти	Суббконтр-октава	Контр-октава	Большая	Малая	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая
ДО	16,35	32,70	65,41	130,82	261,63	523,26	1046,52	2093,04	4186,08
ДО диез	17,32	34,65	69,30	138,59	277,18	554,36	1108,72	2217,44	4434,88
РЕ	18,35	36,71	73,42	146,83	293,66	587,32	1174,64	2349,28	4698,56
РЕ диез	19,45	38,89	77,78	155,57	311,13	622,26	1244,52	2489,04	4978,08
МИ	20,60	41,20	82,41	164,82	329,63	659,26	1318,52	2637,04	5274,08
ФА	21,83	43,65	87,31	174,62	349,23	698,46	1396,92	2793,84	5587,68
ФА диез	23,12	46,25	92,50	185,00	369,99	739,98	1479,96	2959,92	5919,84
СОЛЬ	24,50	49,00	98,00	196,00	392,00	784,00	1568,00	3136,00	6272,00
СОЛЬ диез	25,96	51,91	103,83	207,65	415,30	830,60	1661,20	3322,40	6644,80
ЛЯ	27,50	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00
ЛЯ диез	29,14	58,27	116,54	233,08	466,16	932,32	1864,64	3729,28	7458,56
СИ	30,87	61,74	123,47	246,94	493,88	987,76	1975,52	3951,04	7902,08

Рисунок 1.3 – Відповідність нотам октав частот

Теорія нот



Рисунок 1.4 – Зображення нот різної тривалості

$$t_4 = \frac{1}{bpm/60} = 277\text{мс}$$

$$t_{32} = \frac{t_4}{8} = 35\text{мс}$$

Найкоротша тривалість ноти

Тембр нот

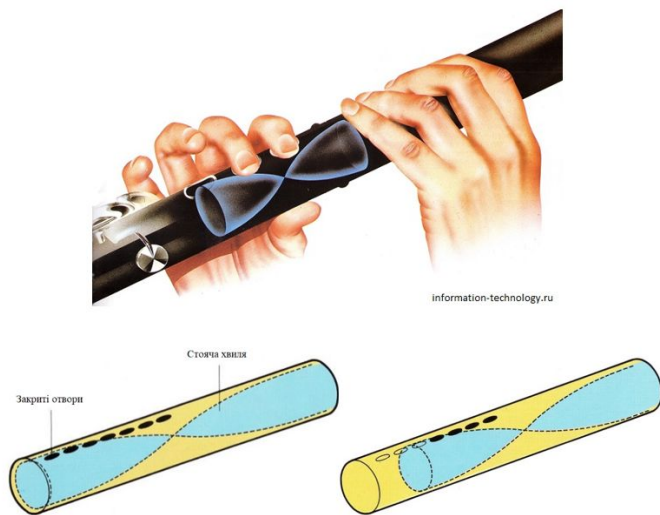


Рисунок 1.5 – Зображення збуджених хвиль

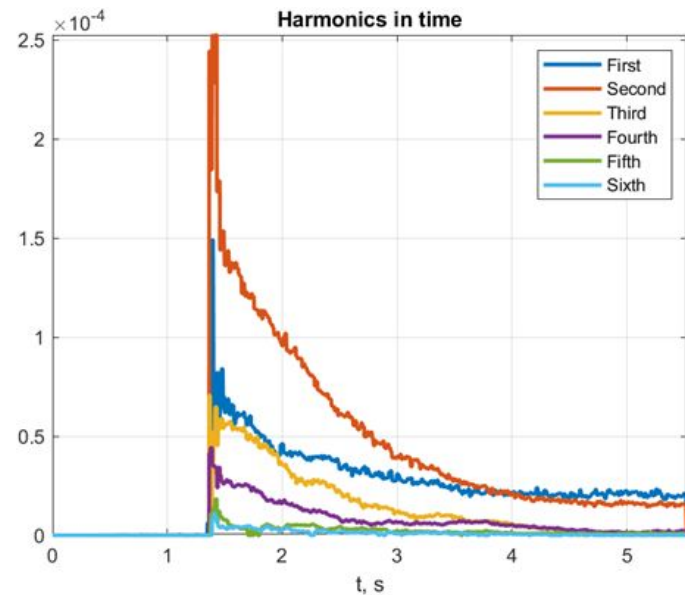
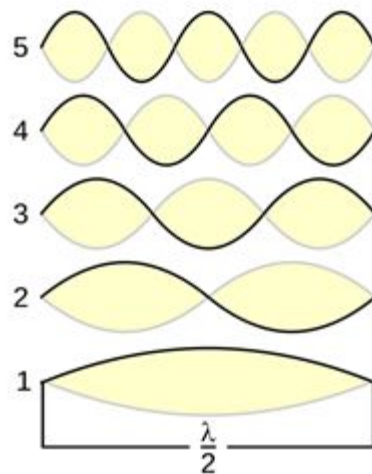


Рисунок 1.6 – Часові зміни гармонік

Емпіричний метод

$$V = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * [k_1 \quad k_2 \quad k_3 \quad k_4 \quad k_5 \quad k_6 \quad k_7] \quad M_s = V * M$$

$$M = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,12} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{7,1} & \cdots & a_{7,12} \end{bmatrix}$$

a_{ij} - спектральний відлік що
відповідає i -ої ноти j -ої октави

$$M_s = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^7 k_1 * a_{i,1} & \sum_{i=1}^7 k_1 * a_{i,2} & \cdots & \sum_{i=1}^7 k_1 * a_{i,12} \\ \sum_{i=2}^7 k_2 * a_{i,1} & \sum_{i=2}^7 k_2 * a_{i,2} & \cdots & \sum_{i=2}^7 k_2 * a_{i,12} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_7 * a_{7,1} & k_7 * a_{7,2} & \cdots & k_7 * a_{7,12} \end{bmatrix}$$

Формула для матриці сум октав

Емпіричний метод

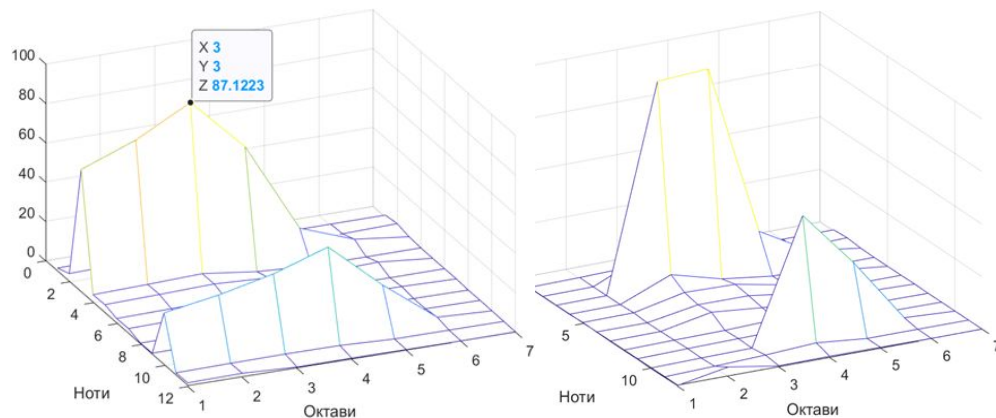


Рисунок 1.7 – Зображення матриці M_s зліва та M зправа

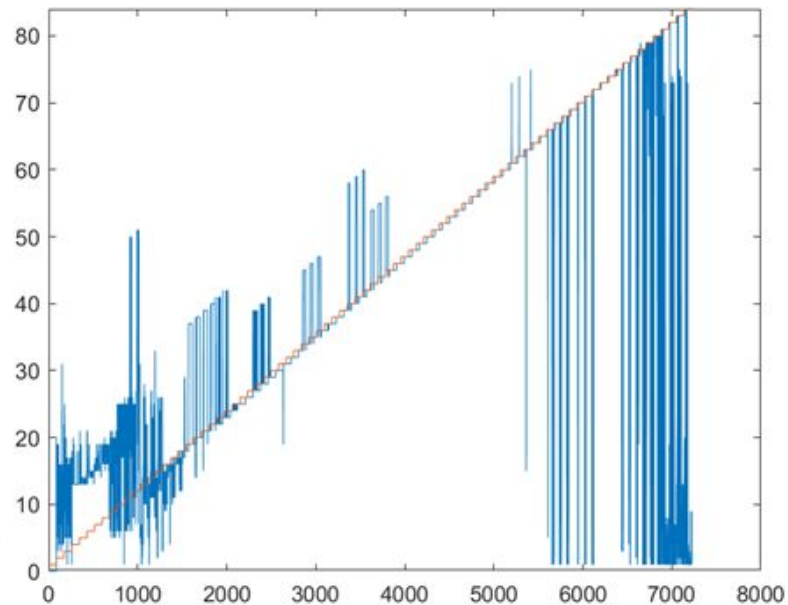


Рисунок 1.8— Результат класифікації по матриці сум. Помилка 32%

Гаусівський наївний Байєсів класифікатор

$$P(y_j | \mathbf{x}_q) = \frac{P(\mathbf{x}_q | y_j) P(y_j)}{P(\mathbf{x}_q)}$$

$$P(y_j | \mathbf{x}_q) = P(y_j) * \prod_{i=1}^N P(x_{q,i} | y_j)$$

Рисунок 1.9 — Байєсівський класифікатор Рисунок 1.10 — наївний Байєсівський класифікатор

Значення приналежності до класу y_j виконується по максимуму апостеріорної вірогідності $P(y_j | \mathbf{x}_q)$

Гаусівський наївний Байєсів класифікатор

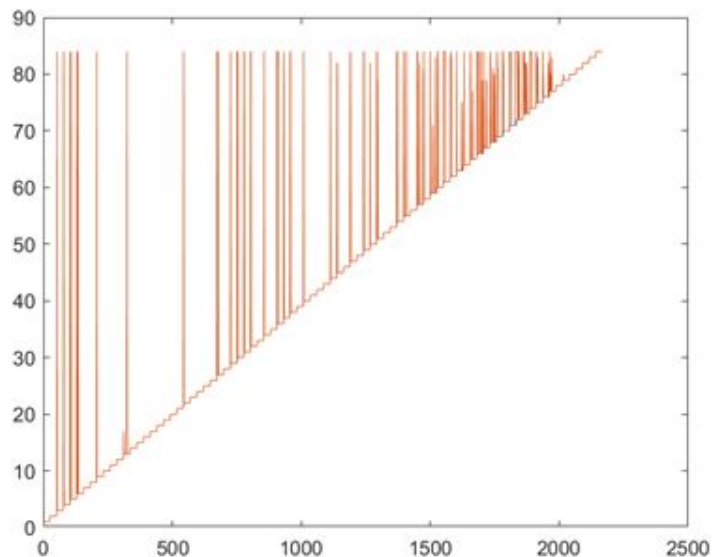


Рисунок 1.11 — Результат класифікації по спектру. Помилка 8.5%

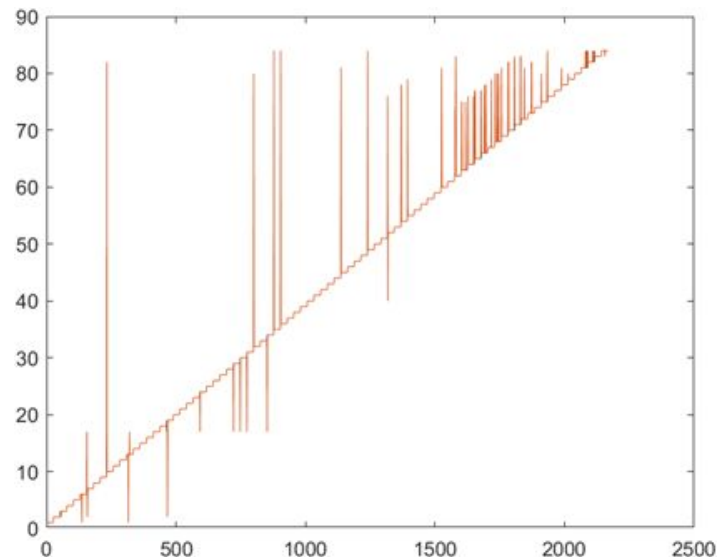


Рисунок 1.12 — Результат класифікації по матриці сум октав. Помилка 3%

SVM

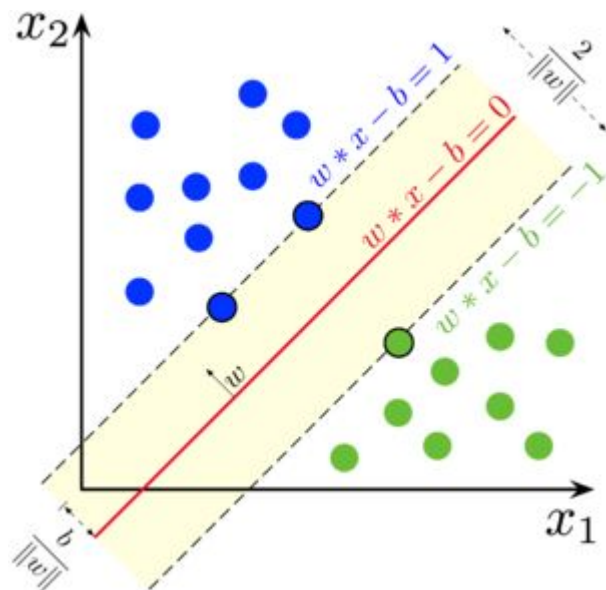


Рисунок 1.13 — Оптимальна роздільна гіперплощина в R^2

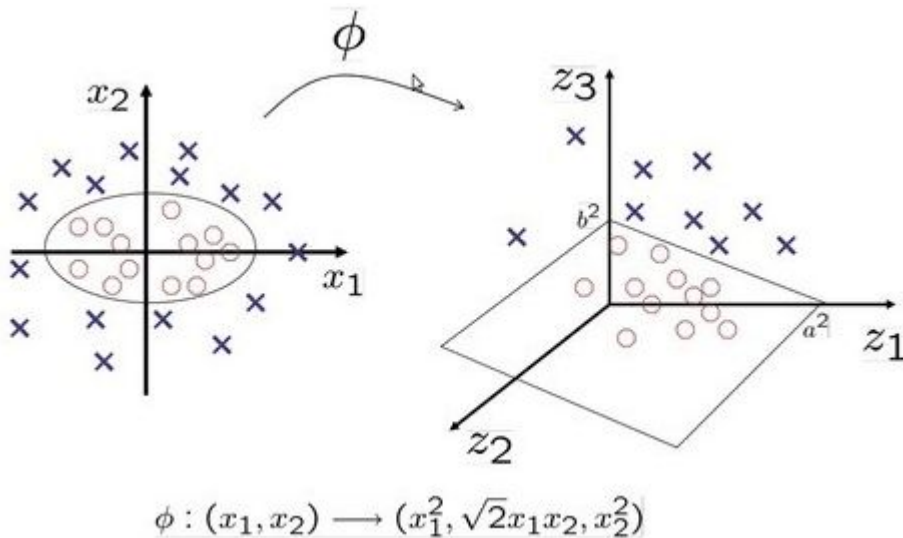


Рисунок 1.14 — Результат збільшення розмірності даних задля їх відокремлення гіперплощиною

SVM

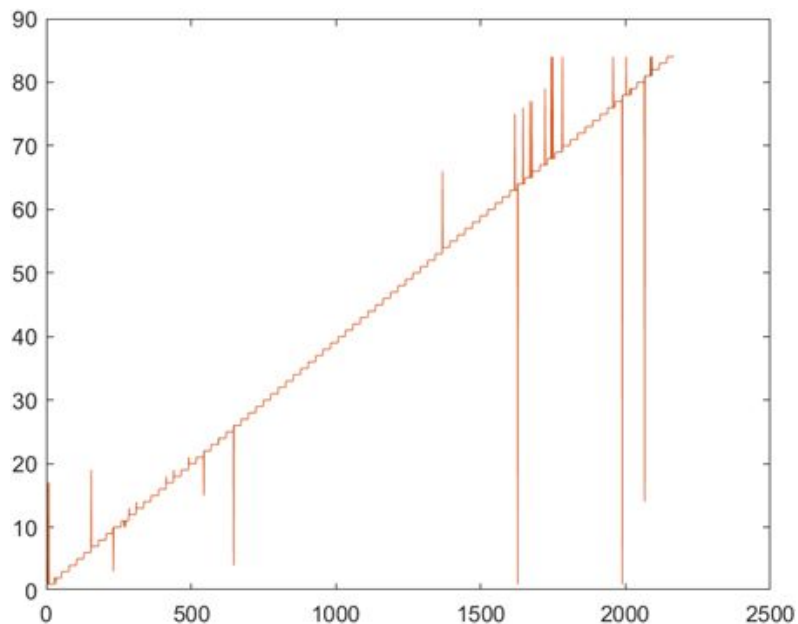


Рисунок 1.15 — Результат класифікації SVM по матриці сум. Помилка 1.8%

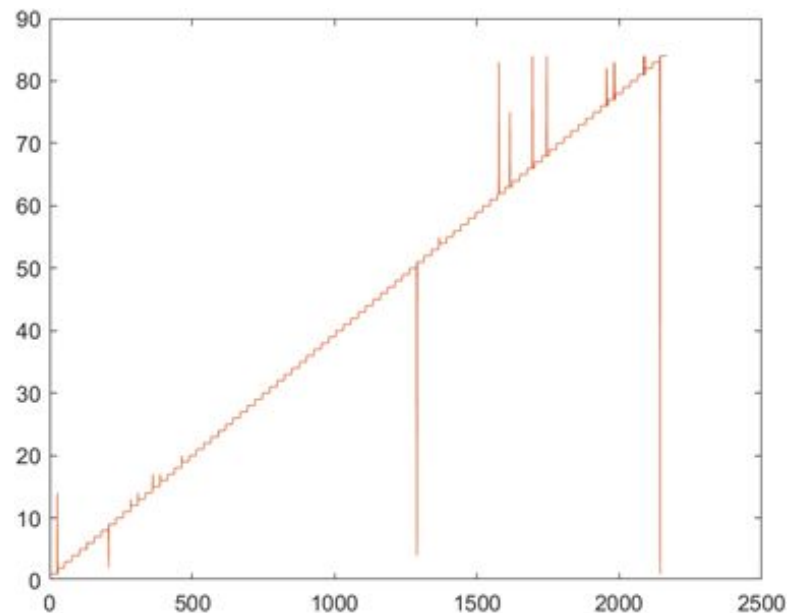


Рисунок 1.16 — Результат класифікації SVM по спектру. Помилка 1.1%

Приклад вирішення задачі

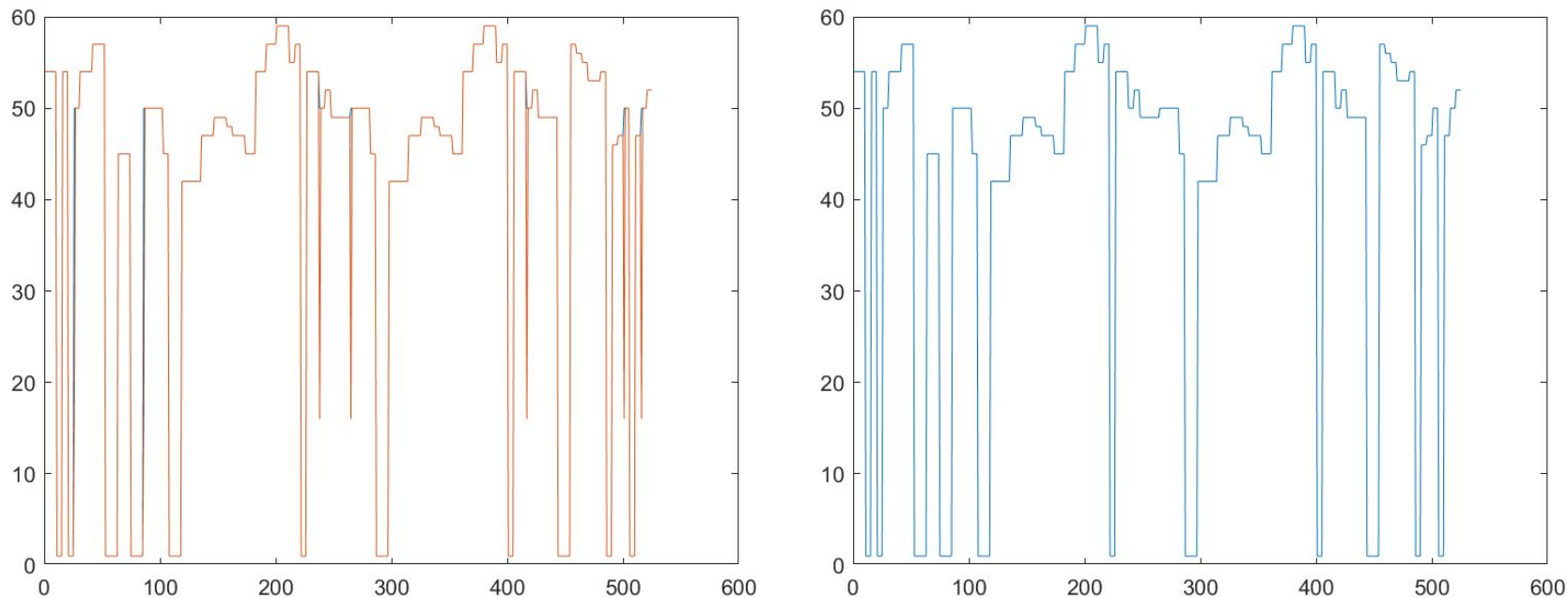


Рисунок 1.17 – Приклад класифікації композиції що відповідає задачі використовуючи SVM класифікатор по спектру. Помилка 1.3%

Висновки

SVM

- Нормування за максимумом
- Помилка 1.1% за спектром

БК

- Нормування за сумою
- Помилка 3% за матрицею M_s
- Найбільший час розрахунку

Емпіричний метод

- Без нормування
- Помилка 32% за матрицею M_s

Подальший розвиток класифікатора може бути виконаний шляхом:

- Використання методу максимальної правдоподібності, який допоможе позбутися одиничних помилок запропонованого класифікатора на поточній ноті.
- Врахування статистичних залежностей між нотами.

Дякую за увагу