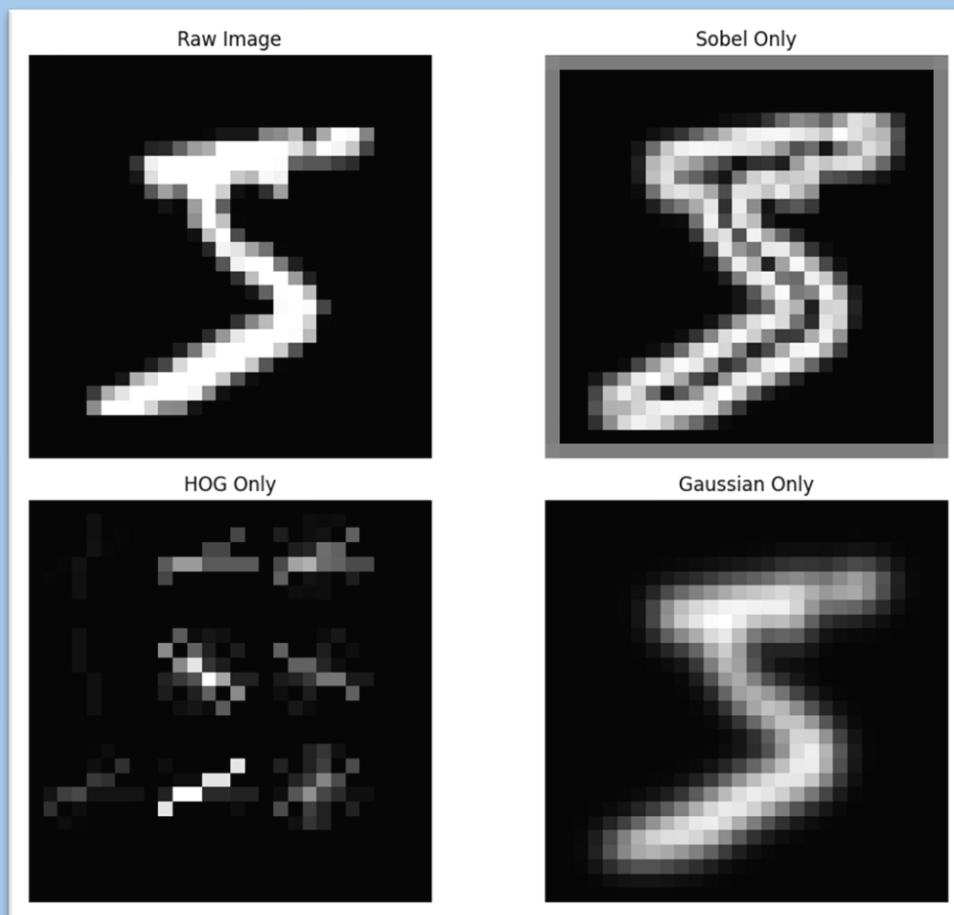


# گزارش پروژه دوم هوش محاسباتی

استاد درس: دکتر فضل ارثی

مهدی ذوالفقاری - متین خداشناس



فاز یک:

۱. تصاویر خام:

تمامی اطلاعات در سطح پیکسل حفظ میشود، از جمله نویزها و تنوعهای دستخط.

۲. تصاویر با سوبل:

مناطق با تغییرات سریع شدت نور (مانند لبه‌ها و مرزهای اعداد) برجسته می‌شوند.

پس‌زمینه یکنواخت حذف شده و تمرکز روی مرزهای ساختاری اعداد قرار می‌گیرد.

اطلاعات شدت نور در سطح پیکسل از بین می‌رود.

تصویری سازی: نمایش خطوط واضح از اعداد با پس زمینه تقریباً خالی.

### ۳. تصاویر با هیستوگرام (HOG):

شکل کلی و جهت حرکت خطوط در اعداد را ثبت می کند.

جزئیات در سطح پیکسل را حذف کرده و نویز و تغییرات کوچک را نادیده می گیرد.

یک نمایش مقاوم در برابر نویز و اعوجاج جزئی ارائه می دهد.

تصویری سازی: یک بازنمایی مبتنی بر گرادیان از عدد نمایش داده می شود که به طور تقریبی شکل اصلی را نشان می دهد.

### ۴. تصاویر با گاوسی (Gaussian)

تصاویر را صاف کرده و بی نظمی های کوچک یا نویز را در خطوط اعداد کاهش می دهد.

ممکن است تشخیص خطوط نازک یا کمرنگ دشوار شود اما الگوهای کلی بهتر دیده می شوند.

شکل های کلی حفظ می شوند، اما جزئیات ظریف از بین می رود.

تصویری سازی: نسخه نرم تر و با لبه های تارتر از اعداد نمایش داده می شود.

### ۵. تصاویر با سوبل و هاگ (Sobel + HOG):

اطلاعات لبه های تیز از فیلتر سوبل حفظ شده و با نمایش گرادیانی HOG ترکیب می شود.

هم اطلاعات لبه های محلی و هم بازنمایی های سطح بالاتر شکل ها را ثبت می کند.

ویژگی های ساختاری مانند گوشه ها و تقاطع ها در اعداد برجسته می شود.

تصویری سازی: بازنمایی ای تولید می شود که به طور مستقیم قابل تفسیر نیست اما ترکیبی از لبه های واضح و گرادیان ها است.

### ۶. تصاویر با گاوسی و هاگ (Gaussian + HOG):

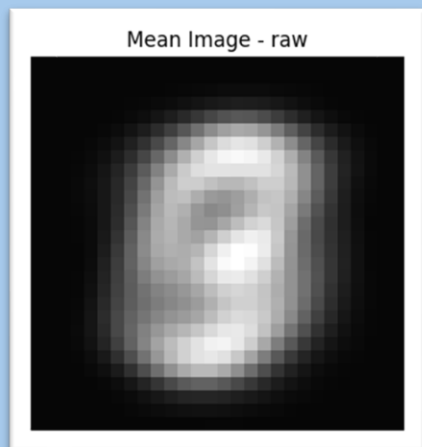
با کاهش نویز از طریق فیلتر گاوسی، ویژگی های HOG در برابر بی نظمی های کوچک مقاوم تر می شوند.

یک بازنمایی گرادیانی نرم تر ایجاد می کند که بیشتر روی شکل کلی و جهت گیری تمرکز دارد تا جزئیات ریز.

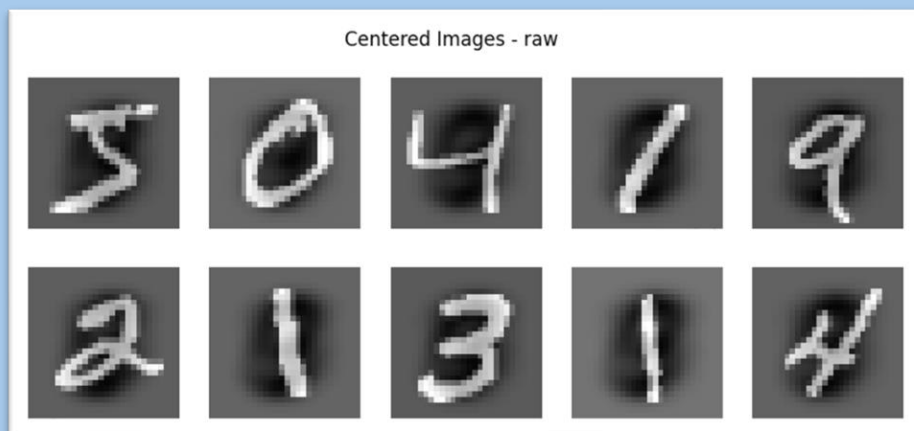
اطلاعات لبه های تیز ممکن است از بین برود، اما مقاومت در برابر نویز افزایش می یابد.

تصویری سازی: بازنمایی گرادیانی صاف شده ای از اعداد نمایش داده می شود.

فاز دو:



میانگین تصویر نشان‌دهنده‌ی ویژگی‌های کلی تمام تصاویر در یک مجموعه داده است. این تصویر نشان می‌دهد که چگونه تمام ارقام به‌طور میانگین در مختصات پیکسلی مرتب شده‌اند.

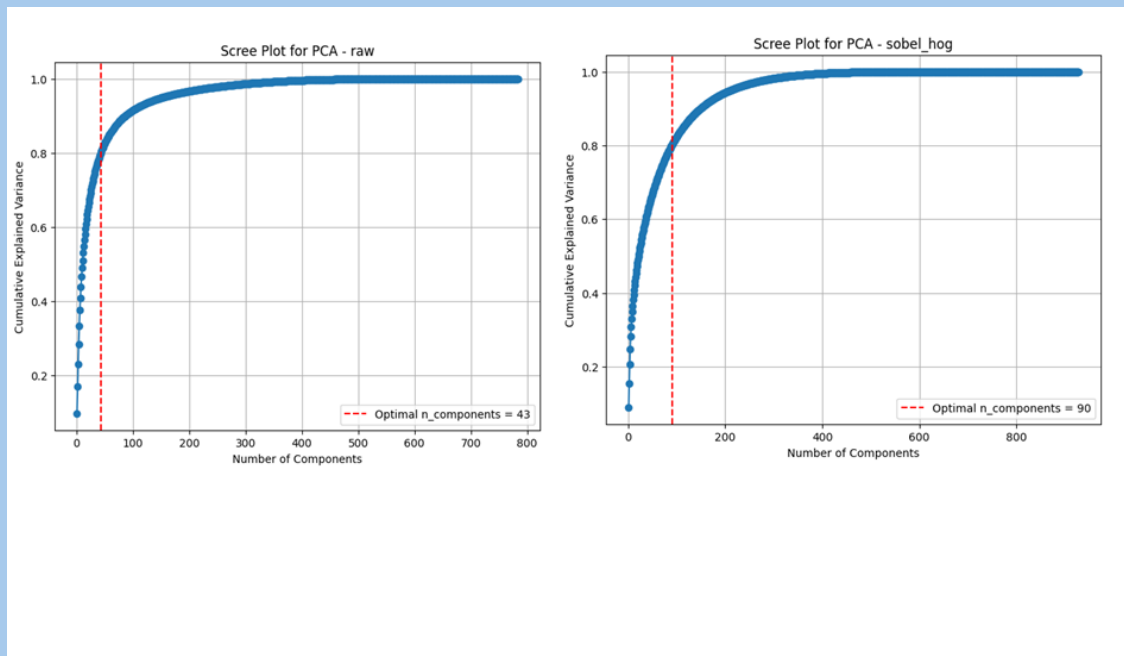


با اعمال سنترینگ:

مقادیر ثابت حذف میشوند (ویژگی‌های اضافی و پایه‌ای حذف می‌شوند).

تحلیل PCA بهبود پیدا میکند (مؤلفه‌های اصلی بهتر شناسایی می‌شوند).

واریانس تعادل پیدا میکند (داده‌ها مقیاس‌پذیرتر و یکنواخت‌تر می‌شوند).



در Scree Plot، واریانس تجمعی نسبت به تعداد مؤلفه‌ها رسم می‌شود.

برخورد خط قرمز با نمودار تعداد اپتیمال مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد.

هدف: نقطه‌ای را پیدا کنیم که بعد از آن، افزودن مؤلفه‌های بیشتر تغییر قابل توجهی در واریانس تجمعی ایجاد نکند.

تعداد کامپوننت بهینه (optimal\_n\_component):

در انتخاب تعداد مؤلفه‌های اصلی بهینه به شما کمک می‌کند که داده‌ها را با کمترین ابعاد ممکن ذخیره کنید، در حالی که اطلاعات مهم را از دست ندهید.

با حذف ویژگی‌های کم‌اهمیت، مدل ساده‌تر و سریع‌تر می‌شود.

تعداد مؤلفه‌ها طوری تعیین می‌شود که حداقل درصد مشخصی از واریانس (مثلاً ۸۰٪) توضیح داده شود.

## فاز سه:

```
Performing grid search for raw...
Best parameters for raw: {'criterion': 'entropy', 'max_depth': 15, 'min_samples_leaf': 1, 'min_samples_split': 8}
Test accuracy for best raw Decision Tree: 0.8560

Performing grid search for sobel_hog...
Best parameters for sobel_hog: {'criterion': 'entropy', 'max_depth': 15, 'min_samples_leaf': 10, 'min_samples_split': 2}
Test accuracy for best sobel_hog Decision Tree: 0.8224

Performing grid search for sobel_only...
Best parameters for sobel_only: {'criterion': 'entropy', 'max_depth': 15, 'min_samples_leaf': 5, 'min_samples_split': 11}
Test accuracy for best sobel_only Decision Tree: 0.8539

Performing grid search for gaussian_hog...
Best parameters for gaussian_hog: {'criterion': 'entropy', 'max_depth': 15, 'min_samples_leaf': 5, 'min_samples_split': 2}
Test accuracy for best gaussian_hog Decision Tree: 0.9004
```

مجموعه داده gaussian\_hog بالاترین دقت (۹۰/۰۴٪) را به دست آورده است، زیرا توانسته الگوهای معنادار را حفظ کند و نویز را از طریق صافسازی گاوسی کاهش دهد.

داده‌های raw با دقت ۸۵/۶۰٪ عملکرد خوبی داشته‌اند، زیرا تمام جزئیات سطح پیکسل را حفظ می‌کنند، اما حساسیت بیشتری به نویز و ویژگی‌های غیرمرتبط دارند.

sobel\_only عملکردی مشابه با raw داشته است (۸۵/۳۹٪) و با تمرکز بر لبه‌ها، ساختارها را به خوبی شناسایی کرده است.

sobel\_hog کمترین دقت (۸۲/۲۴٪) را داشته است، احتمالاً به دلیل این که ترکیب لبه‌های Sobel و HOG نتوانسته پیچیدگی داده‌ها را به اندازه کافی بازتاب دهد.

```
Performing SVM on raw...
SVM Test accuracy for raw: 0.9804

Performing SVM on sobel_hog...
SVM Test accuracy for sobel_hog: 0.9703
```

```
Performing SVM on raw...
SVM Test accuracy for raw: 0.1143

Performing SVM on sobel_hog...
SVM Test accuracy for sobel_hog: 0.1143
```

```
Performing SVM on raw...
SVM Test accuracy for raw: 0.1143

Performing SVM on sobel_hog...
SVM Test accuracy for sobel_hog: 0.1143
```

C میزان جریمه مدل برای داده‌هایی که به اشتباه دسته‌بندی می‌شوند را کنترل می‌کند.

Gamma مشخص می‌کند که هر نمونه داده چه شعاع تأثیری روی تصمیم‌گیری مدل دارد.

مقدار C کوچکتر:

مدل به خطاهای داده‌های آموزشی اجازه بیشتری می‌دهد (regularization بیشتر).

مدل ساده‌تر است و از بیش‌برازش جلوگیری می‌کند.

ممکن است دقت روی داده‌های آموزشی کاهش یابد، اما تعمیم‌پذیری روی داده‌های تست بهبود می‌یابد.

مقدار C بزرگتر:

مدل به دسته‌بندی دقیق‌تر روی داده‌های آموزشی گرایش دارد.

می‌تواند دقت روی داده‌های آموزشی را افزایش دهد.

احتمال بیش‌برازش (overfitting) بیشتر است، به‌خصوص اگر نویز در داده‌ها وجود داشته باشد.

مقدار Gamma کوچکتر:

تأثیر هر داده روی مدل گسترده‌تر است.

مدل نرم‌تر (smooth) و ساده‌تر خواهد بود.

ممکن است دقت روی داده‌های پیچیده یا غیرخطی کاهش یابد.

تأثیر نقاط دورتر را بیشتر می‌کند (احتمال کم‌برازش وجود دارد).

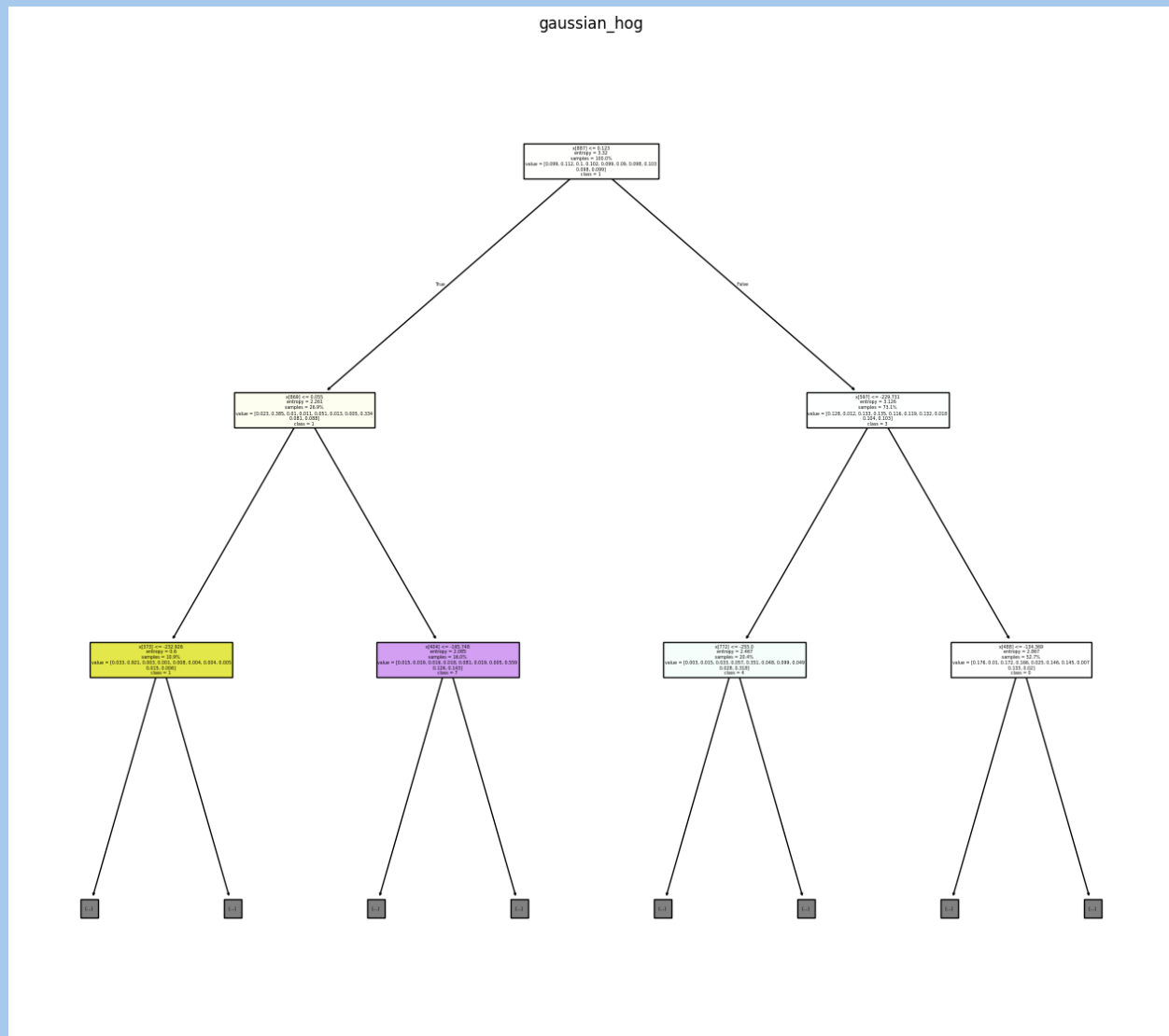
مقدار Gamma بزرگتر:

مدل می‌تواند پیچیدگی بیشتری داشته باشد و جزئیات را بهتر یاد بگیرد.

احتمال بیش‌برازش بیشتر است، زیرا مدل ممکن است مرزهای بسیار دقیق و پیچیده ایجاد کند.

مدل را روی داده‌های نزدیک حساس‌تر می‌کند (احتمال بیش‌برازش بالا می‌رود).

در مقابل،  $\gamma = \text{scale}$  با در نظر گرفتن ابعاد داده، یک مقدار متعادل انتخاب می‌کند.



Entropy (معیار آنتروپی):

این مقدار نشان‌دهنده میزان بی‌نظمی (یا اطلاعات) در داده‌های گره است (مقدار کم‌تر آنتروپی نشان‌دهنده توزیع یکنواخت‌تر کلاس‌ها در گره است).

Samples (تعداد نمونه‌ها):

تعداد داده‌هایی که در این گره قرار گرفته‌اند.

این عدد به ما می‌گوید چه تعداد نمونه از کل مجموعه داده، به این گره خاص رسیده‌اند.

Class (کلاس پیش‌بینی‌شده):

کلاسی که گره آن را به‌عنوان پیش‌بینی نهایی خود تعیین کرده است (برای نمونه‌هایی که به این گره می‌رسند).

Value (تعداد نمونه‌ها در هر کلاس):

آرایه‌ای که تعداد نمونه‌های هر کلاس را در این گره نمایش می‌دهد.

فاز چهار:

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.86	0.90	0.88	1343
1	0.95	0.95	0.95	1600
2	0.82	0.81	0.82	1380
3	0.74	0.72	0.73	1433
4	0.79	0.81	0.80	1295
5	0.75	0.75	0.75	1273
6	0.91	0.92	0.91	1396
7	0.88	0.83	0.85	1503
8	0.74	0.73	0.74	1357
9	0.77	0.78	0.77	1420
accuracy			0.82	14000
macro avg	0.82	0.82	0.82	14000
weighted avg	0.82	0.82	0.82	14000

Precision (دقت): این مقدار نشان می‌دهد چه نسبتی از نمونه‌هایی که مدل به‌عنوان یک کلاس خاص پیش‌بینی کرده، به‌درستی به آن کلاس تعلق داشته‌اند.

Recall (بازخوانی): این مقدار نشان‌دهنده توانایی مدل در شناسایی تمام نمونه‌های صحیح یک کلاس است.

F1-Score: میانگین هارمونیک Precision و Recall است، مقدار F1-Score زمانی مفید است که داده‌ها نامتوازن باشند، زیرا ترکیبی از دقت و بازخوانی را ارائه می‌دهد.

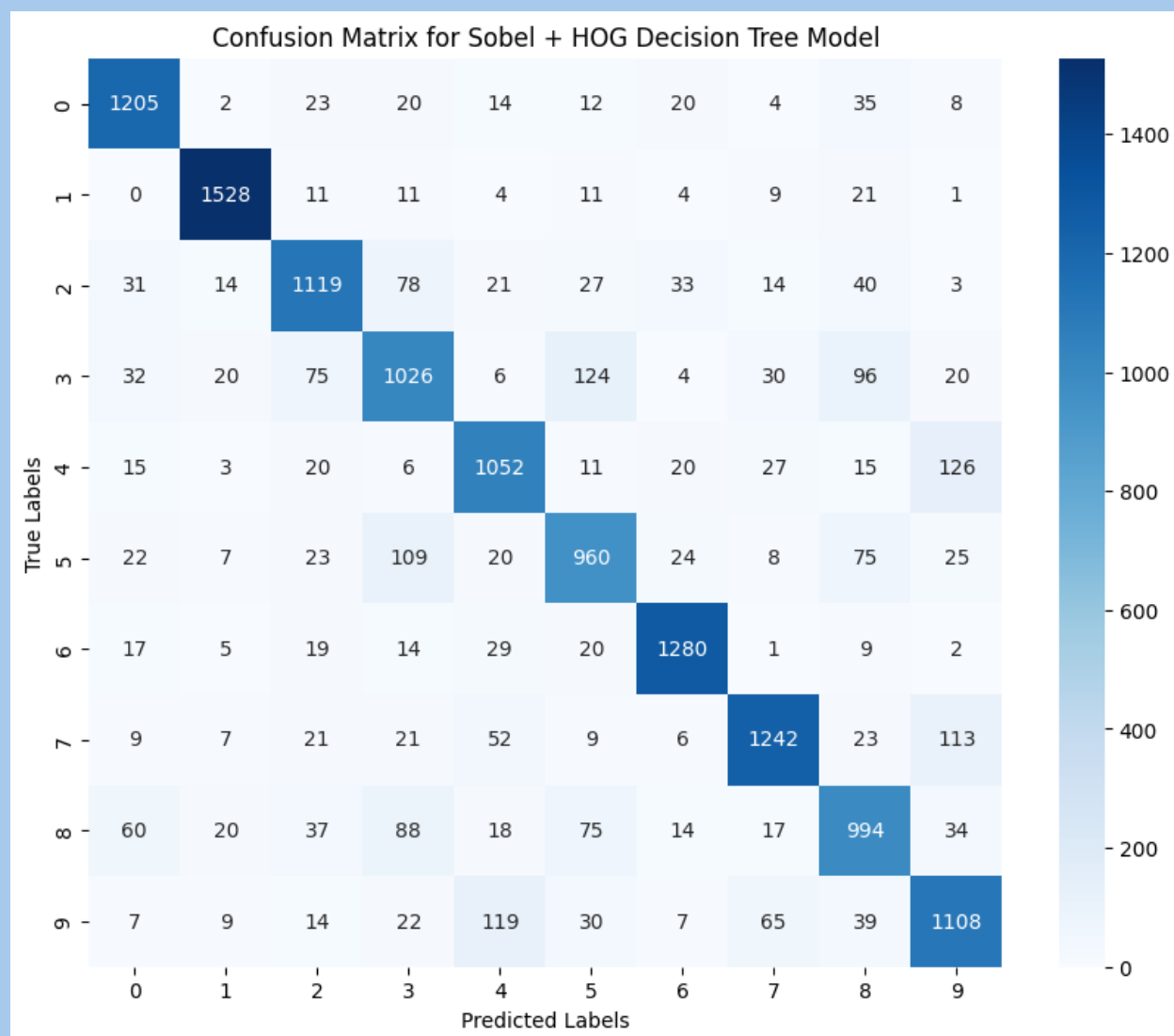
Support: تعداد نمونه‌های واقعی موجود در داده آزمایش برای هر کلاس.

Accuracy: نسبت کل نمونه‌های درست پیش‌بینی شده به کل نمونه‌ها.

Macro Avg: میانگین ساده Precision، Recall و F1-Score برای همه کلاس‌ها، بدون در نظر گرفتن تعداد نمونه‌ها در هر کلاس.



Weighted Avg: میانگین وزن دار Precision، Recall و F1-Score، که وزن هر کلاس بر اساس تعداد نمونه های موجود در آن کلاس محاسبه می شود.



ماتریس سردرگمی (confusion matrix): عملکرد مدل تصمیم گیری در پیش بینی برچسب های درست داده های تست را نشان می دهد. در اینجا، ردیف ها برچسب های واقعی (True Labels) و ستون ها برچسب های پیش بینی شده (Predicted Labels) هستند.

اعداد روی قطر اصلی ماتریس نشان دهنده تعداد نمونه هایی هستند که به درستی طبقه بندی شده اند.

فاز پنج:

```
Accuracy of overfitting tree: 0.8084
Overfitting tree depth: 47
Accuracy of pruned tree: 0.8163
Pruned tree depth: 14
Accuracy of saved Sobel + HOG Decision Tree model: 0.8224
Saved Sobel + HOG Decision Tree depth: 15
```

با توجه به خروجی این فاز میبینم که عمق درخت overfit شده ۴۷ است با این حال که درخت prune شده با عمق ۱۴ دقت بالاتری به روی دیتای تست دارد و به این نتیجه میرسیم که اگر محدودیتی برای عمق درخت نگذاریم امکان دارد درخت دیتای ترین را حفظ کند و همین باعث میشود تا به روی دیتای تست دقت پایین‌تری نسبت به درخت با عمق مناسب داشته باشد.

