

Bias and Variance

- **High Bias (Underfitting):**
 - Mô hình đơn giản không học tốt từ dữ liệu huấn luyện.
 - Chỉ số lỗi trên tập huấn luyện (J_{train}) cao.
 - Chỉ số lỗi trên tập kiểm tra (J_{cv}) cũng cao.
- **High Variance (Overfitting):**
 - Mô hình quá phức tạp học quá kỹ tập huấn luyện.
 - J_{train} thấp (hiệu suất tốt trên dữ liệu đã học).
 - J_{cv} cao (hiệu suất kém trên dữ liệu chưa từng thấy).
- **Trường hợp đặc biệt: High Bias + High Variance cùng lúc**
 - Dù hiếm, một số mô hình (như mạng nơ-ron) có thể vừa underfit ở một phần input và overfit ở phần khác.
 - Biểu hiện: J_{train} cao, J_{cv} còn cao hơn nhiều.

Regularization

- Regularization giúp kiểm soát việc học quá mức (overfitting) bằng cách thêm một phần phạt vào hàm mất mát để giữ cho các tham số w nhỏ. Tham số điều chỉnh mức độ regularization gọi là **Lambda (λ)**.
- **Lambda rất lớn (ví dụ: 10,000):**
 - Mô hình gần như là hằng số.
 - Tham số w gần như bằng 0.
 - **Bias cao, underfitting**, cả lỗi huấn luyện J_{train} và lỗi kiểm tra chéo J_{cv} đều cao.
- **Lambda rất nhỏ (ví dụ: 0 hoặc gần 0):**
 - Mô hình khớp sát dữ liệu huấn luyện (đường cong lượn sóng).
 - **Variance cao, overfitting.**
 - J_{train} thấp nhưng J_{cv} cao.

- **Lambda trung bình:**
 - Cân bằng giữa bias và variance.
 - J_{train} và J_{cv} đều thấp.
 - Đây là mục tiêu hướng tới.

Baseline

Không nên chỉ nhìn J_{train} cao là kết luận có bias. Thay vào đó:

- So sánh J_{train} với lỗi chuẩn (**baseline**) như:
 - **Human-level error** (trong bài toán với dữ liệu không cấu trúc như ảnh, âm thanh, văn bản)
 - **Mô hình trước đó** hoặc kinh nghiệm từ các bài toán tương tự.

Hai khoảng cách quan trọng để đánh giá mô hình:

- **Bias:**
 - Nhìn **khoảng cách giữa J_{train} và baseline**.
 - Nếu lớn → **High Bias** (mô hình không học tốt trên training data).
- **Variance:**
 - Nhìn **khoảng cách giữa J_{cv} và J_{train}** .
 - Nếu lớn → **High Variance** (mô hình overfit training data, kém tổng quát).
- Ví dụ:

Trường hợp	Baseline	J_{train}	J_{cv}	Phân tích
1	10.6%	10.8%	14.8%	Bias thấp (gần baseline), Variance cao ($J_{\text{cv}} \gg J_{\text{train}}$)
2	6.2%	10.6%	11.0%	Bias cao (J_{train} xa baseline), Variance thấp

3	6.2%	10.6%	15.3%	Bias cao và Variance cao
---	------	-------	-------	--------------------------

Learning curves

Learning curves (đường học tập) là công cụ giúp đánh giá hiệu suất của thuật toán học máy **theo số lượng dữ liệu huấn luyện** mà nó được cung cấp. Hai đại lượng chính được vẽ là:

- **J_{train}**: lỗi trên tập huấn luyện
- **J_{cv}**: lỗi trên tập kiểm tra chéo (cross-validation)

Trục hoành: số lượng ví dụ huấn luyện (m_{train})

Trục tung: lỗi (error)

Khi số lượng dữ liệu huấn luyện tăng:

- **J_{cv} giảm**: mô hình tổng quát tốt hơn.
- **J_{train} tăng**: mô hình khớp hoàn hảo với dữ liệu huấn luyện.

Vì sao J_{train} tăng?

- Với dữ liệu ít, mô hình dễ khớp hoàn hảo → J_{train} thấp.
- Dữ liệu nhiều → khó khớp hết → J_{train} tăng dần.

Cách cải thiện mô hình dựa trên lỗi

Hành động	Hiệu quả chính	Sửa lỗi gì?
Thêm dữ liệu huấn luyện	Giảm J _{cv}	🟡 High variance
Giảm số lượng đặc trưng	Giảm overfitting	🟡 High variance
Tăng số lượng đặc trưng	Mô hình mạnh hơn	🟢 High bias
Thêm đặc trưng đa thức	Mô hình phức tạp	🟢 High bias
Giảm regularization (λ)	Giảm ràng buộc	🟢 High bias
Tăng regularization (λ)	Làm trơn mô hình	🟡 High variance

Lưu ý: Giảm kích thước tập huấn luyện không giúp giảm bias, thậm chí có thể làm tệ hơn.