

Prácticas de Aprendizaje Automático

Algunas ideas sobre cómo elaborar un informe académico-científico

Pablo Mesejo y Jesús Giráldez

Universidad de Granada

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Consideración Previa

- No hay una única manera de elaborar una memoria/informe
 - Ciertas asignaturas o temáticas pueden requerir distintos matices o estructuras particulares

Idea clave

- Un informe o memoria debe cumplir un objetivo fundamental:
 - Explicar
 - qué se ha hecho,
 - cómo se ha hecho lo que se ha hecho,
 - por qué se ha hecho así,
 - qué resultados se han obtenido, y
 - qué conclusiones podemos obtener a partir de los mismos
- Por tanto, **un informe debe ser claro, conciso y bien estructurado.**
 - En prácticas de AA, a excepción de la P0, si no hay informe/memoria/discusión → es como no entregar nada!
 - Estas ideas son aplicables a un Notebook de Google Colab!

Estructura (prácticas)

- Portada
 - incluyendo título y autor
- Índice
 - que permita comprender la estructura general de los contenidos y localizarlos con facilidad
- **Una sección/capítulo claramente diferenciado por cada ejercicio solicitado en el enunciado**
 - De lo contrario, puede resultar difícil comprender qué ejercicio se está resolviendo en cada momento.

Estructura (prácticas)

La clave es que quede claro **qué se ha hecho, cómo, por qué, qué resultados se han obtenido, y qué conclusiones podemos obtener a partir de los mismos**

Estructura (Proyecto Final)

Nota1: Esta guía, en esencia, también sería aplicable a la memoria de un TFG.

Nota2: Lo importante es que los contenidos se presenten de modo claro y bien organizado

→ No es necesario seguir siempre al pie de la letra la estructura que presento!

- Portada
 - incluyendo título y autor(es)
- Índice
 - que permita comprender la estructura general de los contenidos y localizarlos con facilidad

Estructura (Proyecto Final)

1. Introducción

- En donde se describe el problema a resolver (¿qué queremos hacer?), la motivación (¿por qué es relevante hacerlo?), y los objetivos (¿qué objetivos concretos vamos a abordar de cara a resolver el problema?).

2. Fundamentos teóricos

- En donde se presentan los conceptos necesarios para comprender el trabajo.
- No se trata de repetir la teoría, ni lo comentado en prácticas. Sino en demostrar que se comprenden los conceptos fundamentales.

3. Estado del Arte

- En donde se presenta qué se ha hecho en el campo con anterioridad, y cuáles son los mejores métodos en la actualidad.

Estructura (Proyecto Final)

4. Métodos

- Descripción detallada de los métodos empleados y/o propuestos
- Como una subsección o una sección autónoma podrían incluirse “Detalles técnicos y de Implementación” y/o un apartado de “Planificación”.

5. Experimentos

- Se presentan los datos empleados, el protocolo de validación experimental, las métricas empleadas, los experimentos realizados, los resultados obtenidos, y la discusión de los mismos.
- Dependiendo del tipo de trabajo, los datos empleados pueden incluirse
 - en la sección anterior (que podría llamarse “Materiales y Métodos”),
 - en la “Introducción” (en caso de que los datos sean un elemento clave del problema concreto a resolver, como podría ser el caso del Proyecto Final),
 - o en una sección justo después de la “Introducción” que podría llamarse “Datos” o “Base de Datos”.

Estructura (Proyecto Final)

6. Conclusiones

- Sección que presenta, de modo breve y a modo de resumen, las principales conclusiones del trabajo realizado.
- También suele incluir los trabajos futuros. Es decir, cuáles son las líneas más prometedoras para continuar con este trabajo, así como posibles propuestas de mejora.

7. Bibliografía

- Contiene todas las referencias manejadas por el estudiante a la hora de realizar el trabajo.
- Nos permite ir del texto a la referencia bibliográfica concreta.

8. Anexos

- En caso de que sean necesarios. Sirven para incluir ciertos detalles que se consideren importantes, pero que no se quieran incluir en el cuerpo del documento para no hacerlo innecesariamente largo.

Estructura (ejemplo de TFG 1)

Índice general

1. Introducción	15
1.1. Descripción del problema	15
1.1.1. Definición y dificultades del problema	18
1.2. Motivación	20
1.3. Contexto	21
1.4. Objetivos	22
2. Estado del arte	23
2.1. Localización automática de landmarks cefalométricos en fotografías	23
2.2. Localización automática de landmarks cefalométricos de interés odontológico en escáneres y rayos X	25
2.3. Localización automática de landmarks faciales no cefalométricos en fotografías	27
3. Fundamentos teóricos y metodología	37
3.1. Aprendizaje automático y visión por computador	37
3.1.1. Aprendizaje automático	37
3.1.2. Aprendizaje supervisado y no supervisado	37
3.1.3. Problemas de regresión y clasificación	38
3.1.4. Visión por Computador	39
3.2. Aprendizaje por máxima pendiente	39
3.2.1. Función de coste o pérdida	40
3.2.2. Gradiente descendiente	41
3.3. Deep Learning	42
3.3.1. Perceptron Multicapa o Redes Neuronales <i>feed-forward</i>	42
3.3.2. Back-propagation	43
3.3.3. Optimizadores y AMSGrad	44
3.4. Redes Neuronales Convolucionales Profundas	45
3.4.1. Convolución	46
3.4.2. Pooling	47
3.4.3. Batch normalization	48

3.4.4. Relación de las capas convolucionales y la profundidad de la red	48
3.4.5. Ajuste fino o <i>fine-tuning</i>	48
3.5. Data augmentation y manipulación de imágenes 2D y modelos 3D	49
3.5.1. Data augmentation	49
4. Datos y métricas	51
4.1. Conjuntos de datos del problema	51
4.1.1. Descripción	51
4.1.2. Limpieza de errores	53
4.1.3. Ejemplos 3D	55
4.2. Métricas del problema	56
5. Implementación	59
5.1. Diseño del software	59
5.2. Entorno de ejecución	62
6. Experimentos	63
6.1. Separación de conjuntos y validación de los modelos	63
6.2. Decisiones experimentales	63
6.2.1. Framework de ejecución	64
6.2.2. Elección del modelo base	66
6.2.3. Descripción de HyperFace-Resnet101	67
6.2.4. Optimizador elegido	71
6.2.5. Generación de las proyecciones 3D	72
6.2.6. Utilización del dataset original y el 3D	73
6.2.7. Determinación de hiperparámetros	74
6.2.8. Fine-tuning y preentrenamiento sobre AFLW	76
6.2.9. Online Data-Augmentation	76
6.3. Proceso de entrenamiento	77
6.3.1. Evaluación de los resultados de 5-fold CV	79
6.4. Dificultades encontradas durante la experimentación	79
6.5. Resultados	81
6.5.1. Combinación dataset original y modelos 3D	81
6.5.2. Impacto del optimizador elegido	83
6.5.3. Comparación de los resultados con el conjunto de test	84
6.5.4. Análisis del mejor modelo elegido	86
6.5.5. Problema de regresión	96
6.5.6. Problema de clasificación	98
7. Conclusiones y trabajos futuros	99
Bibliografía	103

Estructura (ejemplo de TFG 2)

Índice general

Índice de figuras	III
Índice de cuadros	V
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Motivación	4
1.3. Objetivos	5
2. Fundamentos Teóricos	7
2.1. Aprendizaje automático y aprendizaje profundo	7
2.2. Redes Convolucionales Profundas	8
2.2.1. Convolutional layer	9
2.2.2. Pooling layer	10
2.2.3. Fully-connected layer	10
2.3. Técnicas de aumento de los datos	11
2.4. Métodos clásicos	11
3. Estado del Arte	15
3.1. Clasificación de imágenes con <i>deep learning</i>	18
3.2. Enfoques de IA para la determinación del sexo a partir de imágenes óseas	18
4. Planificación e Implementación	21
4.1. Planificación	21
4.2. Implementación y entorno de ejecución	22
5. Datos	23
5.1. Descripción de los datos	23
5.2. Preprocesado de los datos	24
6. Métodos Propuestos	27
6.1. <i>Deep learning</i>	27

ii	ÍNDICE GENERAL
6.2. Técnicas Clásicas de Aprendizaje Automático y Visión por Computador	30
7. Experimentos	33
7.1. Aumento de datos	33
7.2. Protocolo de validación experimental	34
7.3. Métricas	35
7.4. Experimentación con <i>deep learning</i>	37
7.5. Experimentación con Técnicas Clásicas de Aprendizaje Automático y Visión por Computador	38
7.6. Comparativa Global con Experto Humano y Estado del Arte	39
8. Conclusiones	41
9. Bibliografía	43

Estructura (ejemplo de TFG 3)

Índice general

1. Introducción	15
1.1. Descripción del problema	15
1.2. Motivación	17
1.3. Objetivos	18
2. Estado del arte	21
3. Fundamentos Teóricos y Metodología	25
3.1. Resonancia Magnética Funcional	25
3.1.1. La señal BOLD	25
3.1.2. Balloon model	28
3.2. Computación Evolutiva	32
3.2.1. Definición	33
3.2.2. Algoritmos evolutivos	33
3.2.3. Componentes de los algoritmos evolutivos	35
3.3. Algoritmos meméticos	39
3.3.1. Estructura general de los algoritmos meméticos	40
3.3.2. Meta-operador de mutación	40
4. Planificación, Desarrollo y Entorno de Simulación	43
4.1. Planificación	43
4.2. Diseño e Implementación	45
4.2.1. Traducción a GNU Octave	45
4.2.2. Herramientas de ejecución de experimentos	47
4.2.3. Herramienta de transformación y análisis de resultados	47
4.3. Entorno de simulación	48
5. Métodos Propuestos	53
5.1. Expectation-Maximization/Gauss-Newton	53
5.1.1. Recursive EM/GN	54
5.1.2. Randomized EM/GN	54
5.2. Metaheurísticas consideradas para resolver el problema de estimación de parámetros del Balloon model	56
5.2.1. Differential Evolution	56
5.2.2. Real Coded Genetic Algorithms	57
5.2.3. Particle Swarm Optimization	59

5.2.4. Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy	61
5.2.5. Algoritmos Meméticos	62
5.3. Función Objetivo	63
6. Experimentos	65
6.1. Configuración de los métodos	65
6.2. Conjuntos de datos considerados	66
6.3. Descripción de los tests estadísticos	68
6.4. Resultados	70
6.4.1. Experimentos con Datos Sintéticos	70
6.4.2. Experimentos con Datos Reales	74
6.4.3. Experimentos Complementarios	83
7. Conclusiones	89

Estructura (ejemplo de TFG 4)

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Motivación	4
1.3. Objetivos	5
1.4. Estructura de la memoria	5
2. Fundamentos teóricos	7
2.1. Machine learning y deep learning	7
2.2. Redes neuronales	8
2.2.1. Capa totalmente conectada	10
2.2.2. Capa Convolutiva	11
2.2.3. Capa de Pooling	12
2.2.4. Dropout	13
2.3. Neural Architecture Search	13
2.3.1. Espacio de búsqueda	14
2.3.2. Estrategia de búsqueda	17
2.3.3. Estrategia de estimación del rendimiento	22
3. Estado del arte	25
3.1. Resumen estado del arte	25
3.2. Evolución de NAS	25
3.2.1. Aproximaciones evolutivas	25
3.2.2. Aprendizaje por refuerzo	28
3.2.3. Enfoque jerárquico	29
3.2.4. Optimización bayesiana	30
3.2.5. NAS en la actualidad	30
4. Materiales y métodos	31
4.1. Datos del problema	31
4.2. Métricas	35
4.3. Función de pérdida	38
4.4. Red diseñada por experto	38
4.5. Aprendizaje por refuerzo: ENAS	40

ii	ÍNDICE GENERAL
4.6. Optimización bayesiana: Auto-Keras	42
4.7. Algoritmo Evolutivo: Auto CNN	43
5. Planificación e Implementación	47
5.1. Planificación	47
5.2. Implementación	48
5.3. Lenguaje y entorno	50
6. Experimentación	51
6.1. Red diseñada por experto	53
6.2. ENAS	53
6.3. Auto-Keras	56
6.4. Auto CNN	58
6.5. Discusión	59
7. Conclusiones y Trabajos Futuros	63
Bibliografía	65

Cuestiones a evitar

- Introducir resultados (tablas, figuras) y no comentarlos.
 - **Resultados sin discutir y analizar → es como no presentar resultados.**
- Introducir texto de modo innecesario.
 - Evitar “andarse por las ramas” y meter párrafos “por rellenar”.
 - Si se hace una pregunta en el enunciado, intentar responderla directamente y con claridad.
- Afirmaciones sin justificación empírica o teórica.
 - Cuando afirmamos algo es porque o
 - a) los resultados de nuestros experimentos (**evidencia empírica**) o
 - b) la **literatura científica** existentenos permiten afirmarlo.

Cuestiones a evitar

- Sobre introducir texto de modo innecesario.

Es interesante discutir, ligeramente puesto que no es parte del ámbito de estudio de este proyecto, algunas de las ideas tomadas para la obtención de los materiales. Para la muestra AM la muestra suele estar limitada al uso de fotografías, la razón detrás de esto es por la facilidad de su obtención. Es muy común poder disponer de una variedad de fotografías relativas a una persona desaparecida, pero en cambio es muy improbable contar con un modelo 3D de la cabeza para su uso.

VS

La muestra AM suele estar limitada al uso de fotografías. Es común disponer de una gran variedad de fotografías relativas a una persona desaparecida. En cambio, es improbable contar con un modelo 3D de su cabeza.

Recomendaciones

- **Fondo y forma son ambos importantes**
 - Emplead LaTeX:
<https://www.overleaf.com/learn/latex/Tutorials>
<https://latex-tutorial.com/tutorials/>
- **Numerad tablas y figuras, e incluid pies de tabla/figura explicativas.**
Referenciad también en el texto las tablas y figuras.
- Las figuras mostradas en la memoria deben ser generadas por el código. De lo contrario.
 - Es decir, el código debe generar las figuras, tablas y resultados incluidos en la memoria
 - De no ser así, se debe explicar y justificar el motivo de la diferencia con la memoria

Recomendaciones

- Evitar memorias esquemáticas.
 - Se deben **discutir y analizar los resultados obtenidos** (tanto a nivel cualitativo como cuantitativo).
 - No vale decir “Podemos ver el resultado durante la ejecución del programa”
 - Es recomendable **incluir información que ponga en valor el trabajo realizado**:
 - ventajas e inconvenientes de los métodos empleados,
 - problemas encontrados a la hora de realizar la práctica,
 - experimentos fallidos realizados,
 - motivos que nos llevan a usar unos valores para los parámetros en lugar de otros, etc.

Recomendaciones

- Las figuras y tablas deben verse correctamente
 - **Una figura o tabla que no se ve no cumple su función.** Es como si no estuviera...
 - **Limitar el número de decimales** en las tablas (2 o 3 suelen ser suficiente) → aumenta la legibilidad de los resultados
 - Se recomienda encarecidamente explicar conceptos, resultados y métodos de modo visual → **Una imagen vale más que mil palabras!**
- Integrar las fórmulas y ecuaciones en el propio documento (y numerarlas)
 - No pegarlas/incrustarlas como una imagen en medio del texto!

Recomendaciones

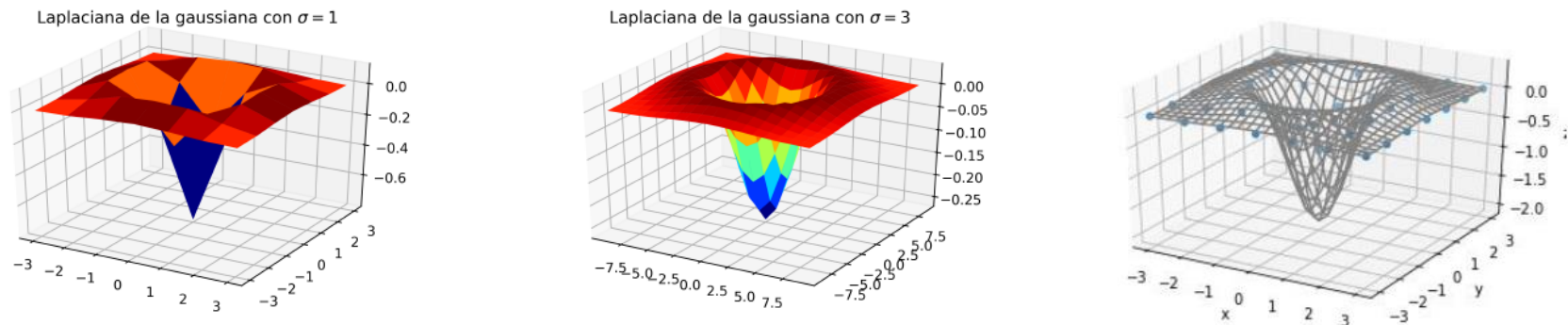


Figura 1.5: En el caso de $\sigma = 1$, el tamaño de la máscara es 7, y al ser tan pocos puntos no se aprecia del todo bien la forma de la laplaciana. En el caso de la derecha, con una máscara de tamaño 19, ya se aprecia bien la forma de sombrero mejicano invertido.

Esta imagen tiene pie de imagen (*caption*), está numerada y es muy clara

Esta imagen no tiene pie de imagen (*caption*), no está numerada y la resolución de la misma es mejorable

Nota: si las figuras no son creación vuestra, debéis indicar la fuente original en la *caption*.

Recomendaciones

- Guiad/ayudad al lector lo máximo posible, facilitándole el trabajo.
- La pregunta que nos debemos hacer es:
Si nosotros no hubiésemos escrito esta memoria, al leerla, ¿comprenderíamos el trabajo desarrollado?

Prácticas de Aprendizaje Automático

Algunas ideas sobre cómo elaborar un informe académico-científico

Pablo Mesejo y Jesús Giráldez

Universidad de Granada

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

