Capítulo 6

Conclusiones y líneas de desarrollo futuras

6.1. Conclusiones

6.1.1. Objetivos que se han conseguido

Las dos aplicaciones que se han desarrollado en el proyecto fin de carrera permiten el análisis de imágenes y vídeos de procesos de rectificado de metales.

De los resultados obtenidos se ha concluido que es viable obtener información de imágenes de rectificado. Como se ha expuesto en el Capítulo 5, con los programas SparksSolver y SparksAnalyzer se pueden obtener los siguientes datos:

- Las trayectorias de las chispas.
- La velocidad a la que se desplazan las chispas.
- El punto del que proceden.
- Características de color e intensidad luminosa.
- Área de la zona de chispas.

Todos los parámetros que interviene en el funcionamiento de los algoritmos aplicados son configurables.

Además, el trabajo con vídeo permite obtener todos estos datos de grandes cantidades de imágenes.

La estructuras de datos y los algoritmos que se han diseñado en ambas aplicaciones permiten extender los análisis que realizan a otros tipos de imágenes para otros estudios. Sobre la misma base se pueden ajustar los parámetros de configuración y añadir las funcionalidades que se deseen. Se han diseñado aplicaciones de procesamiento de imágenes versátiles que tienen aplicación en otro tipo de procesos.

6.1.2. Coste computacional y tiempo de ejecución

Dada la complejidad de algunos de los algoritmos implementados, el tiempo de ejecución de las aplicaciones desarrolladas puede crecer demasiado con determinadas configuraciones de los parámetros de funcionamiento.

En el caso de análisis de estudio y entrenamiento, puede que no importe este hecho, y se prefiera realizar análisis más completos y detallados a costa de este aumento en el tiempo de ejecución.

Si se desea reducir el tiempo, habrá que sacrificar detalle en el análisis. El algoritmo crítico en cuanto a tiempo de ejecución en las dos aplicaciones desarrolladas es el del cálculo del flujo óptico. Como se ha mostrado en el Capítulo 5, cuando se reduce la precisión en el funcionamiento, se logra una reducción del tiempo de procesamiento muy superior cualitativamente a la resolución sacrificada, por tanto es una medida que merece la pena. La otra medida que se puede tomar en SparksAnalyzer es dejar frames sin analizar. En este caso la precisión perdida y el tiempo ganado son similares, por lo que hay que llegar a una solución de compromiso según el aspecto que interés más.

Para optimizar el funcionamiento de SparksAnalyzer en el análisis de vídeo, es importante conocer de antemano los parámetros de configuración más adecuados. Esto se logra deduciendo los valores de estos parámetros a partir de un estudio previo con SparksSolver de las imágenes del proceso que se va a analizar.

6.1.3. Aplicación de la transformada de Hough a imágenes con chispas

Durante el desarrollo del proyecto, se ha llegado a la conclusión de que la transformada de Hough es una herramienta con la que se obtienen excelentes resultados en imágenes con chispas. En el Capítulo 5 se pueden ver algunos resultados experimentales.

Dadas las características de intensidad de estas imágenes, se pueden llevar a cabo los pasos del algoritmo de la transformada de Hough obteniendo buenos resultados intermedios. El operador de Sobel detecta bien los extremos de los chorros de chispas. A esto le sigue una binarización mediante umbral, que en nuestro caso se ha desarrollado mediante dos umbrales dinámicos con histéresis. Esto reduce la cantidad de ruido de la imagen, y por tanto los elementos ajenos al chorro de chispas. Por último se calcula la transformada de Hough y se obtiene información de la trayectoria de las chispas y del foco del que proceden.

El descubrimiento de que la banda azul de las imágenes en color RGB contiene prácticamente sólo chispas, ha servido para mejorar aún más el funcionamiento del algoritmo. Se ha variado la estructura del algoritmo clásico, que opera con la información de intensidad luminosa, para trabajar con la banda azul. Así se reduce la presencia de elementos que no son de interés, y las trayectorias que se obtienen pertenecen a las chispas en mayor cantidad.

El algoritmo desarrollado se puede aplicar con imágenes de características similares a las estudiadas. Esto unido a la flexibilidad en la configuración del programa permite realizar estudios de las imágenes de otros procesos.

6.1.4. Herramientas utilizadas

Los programas que se han realizado se han escrito en lenguaje Java. Esto ha supuesto para mí el aprendizaje y la profundización en la programación orientada a objetos, y en particular en una de las tecnologías más demandadas en la actualidad en numerosos sectores de la ingeniería como es Java.

El procesamiento de imágenes en Java está en desarrollo a la vez que en alza, lo cual ha supuesto un reto inicial. Las librerías que existen para estos fines no son tan completas como las de otros lenguajes de programación como C++. Sin embargo, las carencias de las librerías se han suplido con

funciones propias, que si bien no son tan potentes como las funciones de librería, cumplen su cometido satisfactoriamente.

El software del proyecto Eclipse para el desarrollo de aplicaciones en Java ha demostrado ser potente, flexible, sencillo de utilizar y de gran ayuda. Como se describe en el Apéndice A, la instalación tanto del entorno de desarrollo como de los componentes adicionales y las librerías es simple, extensible e intuitiva. Eclipse es un software que facilita la labor del programador, y permite sacar todo el partido posible a las aplicaciones que se desarrollan con él.

6.1.5. Aspectos enriquecedores

Además de lo mencionado en el apartado anterior acerca de lo aprendido del procesamiento de imágenes con Java, durante el desarrollo del proyecto ha habido otros aspectos enriquecedores.

Por un lado, se han aplicado conocimientos teóricos adquiridos durante el estudio de la carrera. Algunos, como las técnicas de procesamiento de imágenes, directamente y otros, como el tratamiento de señales, indirectamente.

Por otro lado, se ha realizado una investigación multidisciplinar. En el estudio del problema que ha motivado la realización de este proyecto, se han tocado áreas de conocimiento muy variadas.

Inicialmente, para la comprensión del problema inicial del control del proceso de rectificado de metales, se ha estudiado el proceso llevado a cabo por los robots, la forma de controlarlo y los resultados que se obtienen. Además se han adquirido conocimientos del trabajo con metales, impropios de la carrera. Posteriormente, se evaluaron los sensores que se podían aplicar al proceso; y finalmente se ha profundizado en el ámbito del procesamiento de imágenes.

Esta variedad en las materias tratadas ha sido de gran interés y utilidad, y ha servido de motivación para el desarrollo de este proyecto.

6.2. Líneas de desarrollo

6.2.1. Mejora de las prestaciones

Como se ha señalado en la sección 6.1.2, algunos de los algoritmos diseñados tienen gran coste computacional. Esto hace que el tiempo de ejecución de SparksSolver y SparksAnalyzer en determinadas condiciones sea elevado.

Además, las características de Java hacen que su ejecución no sea óptima, dado que es un lenguaje interpretado.

En el futuro este problema se minimizará gracias a la mejora de los procesadores y de la máquina virtual Java (VM). En concreto el aspecto del comportamiento en tiempo de ejecución es una de las principales líneas de desarrollo de Java.

Además algunas de las funciones que se han tenido que elaborar podrían ser sustituidas por funciones de librería, más potentes y óptimas, en futuras versiones de Java Advanced Imaging y Java Media Framework.

6.2.2. Aplicación comercial

Las aplicaciones que se han desarrollado tienen como objetivo el estudio de procesos de rectificado de metal en condiciones variadas. Una mejora que se propone es la evolución de SparksAnalyzer, que procesa vídeo, hacia una aplicación con propósito comercial para la extracción de patrones de comportamiento que se puedan aplicar en la supervisión visual de rectificado robotizado.

Para que esto sea posible, se debe lograr previamente una mejora en las prestaciones, como se ha descrito en el punto anterior.

6.2.3. Estudio con otros sensores

El objetivo general de la línea de investigación en la que se enmarca este proyecto es lograr la fusión de varios sensores, para mejorar el control del rectificado robotizado de metales.

*CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE DESARROLLO FUTURAS*134

Una vez realizado el estudio de las imágenes del proceso, resta estudiar la información que se puede obtener de sensores de fuerza en el efector final del robot, y de micrófonos en el entorno de trabajo. La información obtenida deberá ser correlada con la que procede de las imágenes. Así se integrarán los datos de los diferentes sensores, y se podrá diseñar una estrategia de control óptima.