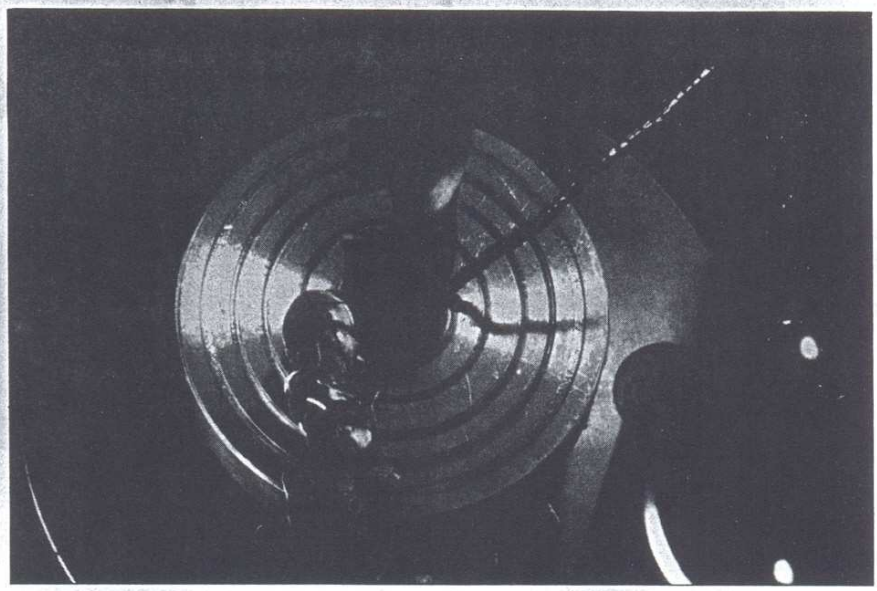
ALMEIDA T. de
ARAÚJO H.
DIAS J.
PERDIGÃO F.
SÁ L.
SILVA V.
BATISTA J.
Grupo de Automática e Análise de Sistemas
Departamento de Engenharia Electrotécnica, Universidade de Coimbra

# ACTIVIDADES DO GAAS NAS ÁREAS DA VISÃO, ROBÓTICA E PROCESSAMENTO DE SINAIS

**RESUMO**

**É focada a importância do desenvolvimento das áreas da visão, robótica e processamento de sinais e reconhecimento de formas em Portugal pelas implicações crescentes destes domínios no sector produtivo. Adicionalmente os trabalhos de I&D desenvolvidos poderão também servir de suporte a trabalhos de pós-graduação (mestrados e doutoramentos) no País.**
**São descritos os trabalhos já realizados e em curso pelo Grupo de Automática e Análise de Sistemas da Universidade de Coimbra que têm incidido nos seguintes tópicos: visão por computador (ligação da visão a um manipulador; construção de um digitalizador de imagem; desenvolvimento de uma biblioteca de programas de processamento de imagem; desenvolvimento de uma máquina de visão), processamento e reconhecimento da fala (sistema de reconhecimento de palavras isoladas; síntese da fala), análise de sinais acústicos e aquisição e processamento de sinais sísmicos.**

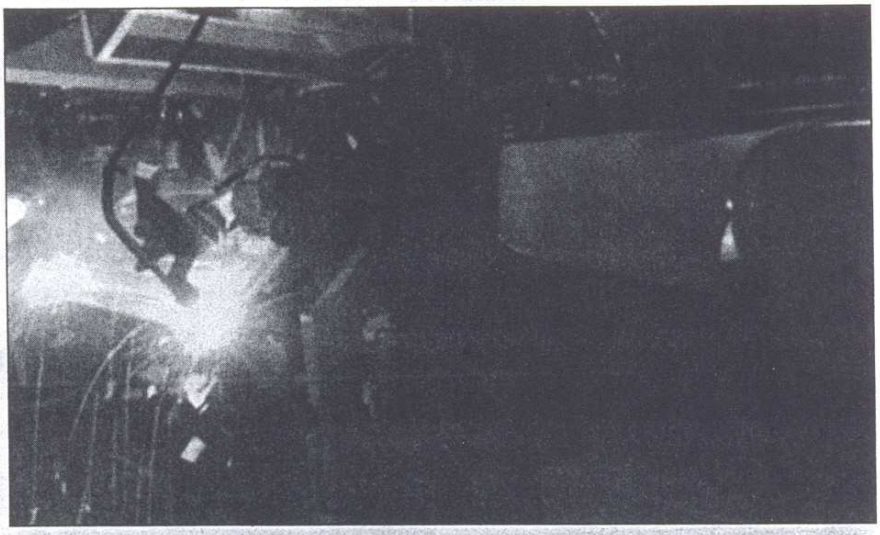


## 1. INTRODUÇÃO

A actividade do GAAS nas áreas da visão por computador, robótica, processamento da fala e reconhecimento automático de palavras, análise de sinais acústicos e processamento de sinais sísmicos tem por objectivo contribuir para o desenvolvimento tecnológico do país. Procurando envolver empresas do sector electrónico interessadas no aproveitamento destes sistemas, o programa reúne as condições necessárias para que haja uma efectiva transferência de tecnologia de que o país tanto carece.

A importância da visão por computador resulta do objectivo a que esta área se propõe: a automatização dos processos visuais. Estes processos são essenciais em muitas das tarefas que se encontram nas fábricas. No caso de Portugal para além do interesse imediato para o sector produtivo, esta é uma área onde interessa formar quadros de investigadores, constituindo suporte para trabalhos de pós-graduação. Sendo uma área nova em Portugal e de importância estratégica para a nossa indústria, torna-se necessário investir na formação de investigadores capazes de virem a responder quer às necessidades da Indústria, quer às da Investigação. Do ponto de vista da Indústria as crescentes necessidades e requerimentos em termos de controlo de qualidade dos produtos (resultantes, nomeadamente, da aplicação das normas da CEE) impõem a utilização nas cadeias de produção de meios automatizados de controlo de qualidade, onde a visão ocupa tradicionalmente um papel de destaque. Por outro lado o aumento de produtividade, absolutamente necessário para o crescimento da competitividade dos produtos portugueses, vai exigir a robotização de muitas fábricas. Também neste caso a visão por computador se torna indispensável como meio sensorial dos sistemas robotizados a serem utilizados, pois só a percepção sensorial lhes permitirá desenvolver actividades flexíveis e adaptadas às variações do meio ambiente.

Os sistemas automatizados de produção fazem uso crescente de visão por computador (estima-se que o mercado de sistemas de visão nos EUA seja superior a 1 bilião de dólares no início dos anos 90). Trata-se, portanto, de um campo de crucial importância para a modernização da indústria. Pode também perspectivar-se o aparecimento de empresas do sector electrónico vocacionadas para a produção deste tipo de sistemas, pois, neste domínio, cada aplicação exige "software" específico, o que implica que tais produtos (encarados como solução de pro-



blemas específicos) não têm que enfrentar a concorrência de produtos "standard".

Os sistemas de processamento da fala e de análise de sinais acústicos pretendem complementar os sistemas de processamento de imagem e reconhecimento de objectos em aplicações relacionadas com o controlo de qualidade e controlo automático de inventários. Com efeito é muito difícil dispensar completamente o operador humano nos sistemas automáticos de controlo por visão, porque a sua fiabilidade não atinge os 100% e se torna necessário encontrar um meio de solucionar situações que a máquina não consegue resolver. Nestes casos é muito mais simples, mais rápido e mais seguro comandar uma máquina ditando ordens para um microfone do que escrevendo num teclado. Além deste aspecto complementar a um sistema de inspecção visual por computador, os sistemas de reconhecimento e síntese da fala podem ser utilizados em muitas outras aplicações industriais onde os equipamentos automáticos necessitem de comunicação com operadores humanos. O "hardware" e muitos dos algoritmos utilizados no processamento da fala podem ser facilmente adaptados para a análise de sinais acústicos no controlo de qualidade na indústria cerâmica onde a análise do som produzido pelo "toque mecânico" de uma peça pode diagnosticar falhas internas na estrutura da peça. Pensa-se poder integrar as máquinas automáticas de tratamento de imagem e som num sistema sofisticado de controlo de qualidade para a indústria cerâmica.

A terceira vertente da actividade do GAAS tem como finalidade desenvolver um sistema de aquisição e processamento de sinais sísmicos para utilização de empresas de construção civil nos estudos de terrenos para a implantação de grandes obras (barragens, pontes, estradas, túneis, grandes edifícios, etc.) e ainda por laboratórios e empresas que se dediquem à prospecção de recursos naturais.

## 2. TRABALHOS REALIZADOS E EM CURSO NO GAAS

O nosso grupo começou a desenvolver trabalho na área de visão por computador para aplicações de robótica e controlo de qualidade em 1982. Começámos por desenvolver um sistema, utilizando um computador LSI 11/23, que integrava a visão no comando de um manipulador. O sistema era capaz de reconhecer e localizar objectos simples dispostos ao acaso sobre uma mesa. Depois de reconhecidos e localizados, os objectos podiam ser deslocados para qualquer ponto da mesa especificado pelo operador (e dentro da área de trabalho do manipulador). Para o reconhecimento ser possível existia uma fase prévia de aprendizagem durante a qual o sistema construía uma descrição dos objectos em termos de características globais invariantes com a posição (área, perímetro, eixo maior e eixo menor). Existia também uma fase de calibração que permitia a determinação da matriz de transformação das coordenadas do plano imagem para as coordenadas do plano objecto. Esta fase era essencial pois as grandezas que descreviam os objectos, assim como a sua localização eram, obviamente, determinadas no plano imagem. Paralelamente desenvolveu-se um sistema experimental de aquisição e tratamento de imagens utilizando um sensor de estado sólido constituído por 256 fotodíodos em linha. Este sistema utilizou também o computador LSI 11/23. O sensor estava colocado no plano de formação de imagem de uma máquina oftográfica e, para a aquisição de imagens, os objectos eram colocados num tabuleiro que era deslocado por um motor de passo comandado pelo mesmo computador e cujo movimento estava sincronizado com a aquisição das linhas de imagem. Desenvolveu-se também um digitalizador de imagens permitindo uma resolução de 512x512 pixels com 16 níveis de cinzento.

Presentemente iniciou-se o desenvolvimento de uma biblioteca de programas para processamento de imagens para correr em computadores IBM AT. Esta biblioteca de programas para processamento de imagens tem como base a biblioteca CALIFE desenvolvida na equipa de Robótica do LAAS-CNRS, Toulouse. O objectivo é construir uma boa ferramenta de trabalho de desenvolvimento e teste de aplicações de processamento de imagem e visão por computador.

Está também a decorrer a construção de um sistema de visão para aplicações industriais de inspecção visual e robótica, baseado num processador de sinal (DSP) de uso geral. O sistema é construído em torno do VME bus, implementado numa filosofia modular. A sua configuração mínima é formada por duas placas VME, controladas por um computador "master". Estas placas são respectivamente: placa de aquisição, transmissão e "display" e placa de processamento de imagem.

A placa de aquisição, transmissão e "display", executa: a digitalização de um sinal de vídeo de norma CCIR numa resolução de 512x512 pixéis codificados em 256 níveis de cinzento; a transmissão deste conjunto de informação digital via P2 (bus I/O da norma VME) para as placas de processamento; e o armazenamento em memória própria e "display" de imagens em monitores preto/branco ou a cores.

A placa de processamento de imagem, recebe sob comando do computador "master" e via P2 a imagem a processar. O armazenamento dos dados vídeo na memória desta placa pode ser configurado para diferentes dimensões e resoluções. Por exemplo, pode adquirir imagens em alta resolução de 512x512 amostras ou de 256x256 amostras (correspondentes a 1/4 da imagem) ou ainda adquirir uma imagem completa em baixa resolução com 256x256 amostras. A unidade de processamento desta placa é formada pelo microprocessador TMS 32020, cujas principais características são: a capacidade de endereçamento das memórias de dados e o seu ciclo de

instrução (200ns). A sua estrutura interna conjugada com a elevada velocidade de processamento permitirá executar eficientemente a maioria dos algoritmos utilizados no processamento de imagem. A utilização de várias placas processadoras, hipótese prevista na construção deste sistema, permitirá criar uma estrutura de multiprocessador de elevada eficiência.

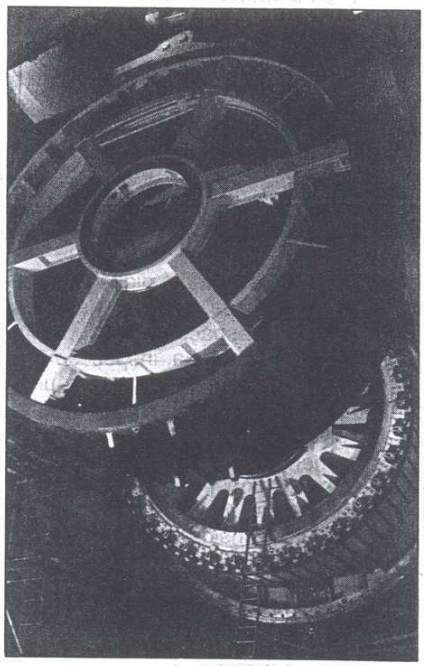
No âmbito de uma tese de doutoramento está a estudar-se o problema da análise e classificação de texturas. Este é um problema com particular interesse para as indústrias têxtil e corticeira. Este trabalho tem como objectivo a determinação dos algoritmos que permitem resolver o problema acima mencionado. Na aproximação proposta utilizam-se memórias associativas para efectuar a discriminação das texturas, com base em "medidas" que sobre elas são efectuadas.

Está em desenvolvimento em colaboração com a indústria nacional um manipulador pneumático de programação contínua assistido por visão. Este manipulador é vocacionado inicialmente para a indústria dos plásticos, permitindo automatizar a produção de objectos de plástico injectado. As operações executadas incluem a manipulação dos produtos, o seu acabamento e o controlo de qualidade. Posteriormente pensa-se adaptar o manipulador a uma célula flexível de montagem, com um potencial elevado de aplicações na indústria ligeira.

A iniciar-se está o desenvolvimento de um sistema flexível de montagem que integrará um tapete rolante, um manipulador PUMA 560 e uma cadeia sensorial (incluindo visão) destinada a proporcionar um elevado grau de flexibilidade às tarefas possíveis de serem desenvolvidas pelo sistema. Nomeadamente pretende-se que o sistema possa efectuar a montagem de vários tipos de peças.

Todos estes trabalhos foram e são desenvolvidos no âmbito do projecto UNIROB. Foram as condições propiciadas no âmbito do referido projecto que tornaram possível o desenvolvimento dos vários trabalhos de investigação.

Está a ser desenvolvido um sistema de processamento da fala e sinais acústicos tendo em vista aplicações variadas como o controlo de inventários e a automatização de entradas de dados através de comandos falados, a inspecção de produtos e o controlo de qualidade através da análise de sinais acústicos que podem caracterizar um produto em termos de bom ou defeituoso (aplicação por exemplo, na indústria cerâmica), ou ainda interfaces homem-máquina através de síntese da voz. O sistema baseia-se num módulo de processamento digital de sinal de âmbito geral, utilizando memória estática de tempos de acesso muito reduzidos, e dois processadores de sinal da Texas Instruments, TMS 32020. Uma nova arquitectura combinando os dois processadores em que ambos utilizam a mesma memória sem tempos de espera ou arbitração, resulta num módulo de elevada capacidade e velocidade de processamento. A concepção deste módulo foi feita de forma a tornar possível o funcionamento em tempo real dos sistemas a desenvolver. De imediato está a desenvolver-se um reconhecedor automático de voz (de palavras isoladas), com um vocabulário de 200 a 500 palavras e onde se espera obter uma fidelidade de 90 a 99%. Numa fase posterior, o objectivo é alargar a capacidade do reconhecedor de palavras permitindo o reconhecimento de palavras independentemente do operador que as vocaliza, bem como o reconhecimento contínuo de palavras.



A interacção de um sistema computorizado com um utilizador através de mensagens vocalizadas é um aspecto importante em muitas situações e que também é considerado. Utilizando a mesma codificação para a síntese dos sinais de voz que é utilizada no reconhecimento de voz, a sua implementação fica simplificada. A síntese consiste num procedimento inverso ao reconhecimento da voz: partindo dos parâmetros de predição linear obtidos por análise do sinal e da informação dos segmentos de tempo em que o sinal é ou não vocalizado, gera-se o sinal original. Com esta codificação em termos de predição linear consegue-se uma compactação de informação considerável, conseguindo-se ao mesmo tempo sintetizar voz com uma boa qualidade.

A análise de sinais acústicos em controlo de qualidade é um problema semelhante ao da análise da fala e do reconhecimento de palavras. Em termos de "hardware" o mesmo sistema de aquisição com ligeiras adaptações pode ser utilizado para recolher o sinal acústico produzido por um impacto mecânico na peça que se pretende estudar. Estudos prévios de caracterização das peças sem defeito e com defeito, serão realizados com vista à criação de uma base de referências cujos parâmetros serão comparados com os parâmetros da peça a testar, através de um algoritmo de reconhecimento.

Tendo um campo de aplicação diferente o sistema de aquisição e processamento de sinais sísmicos utiliza internamente o mesmo tipo de microprocessador do sistema de visão e do sistema de processamento da fala. No caso do processamento da fala a parte fundamental do "hardware" é comum diferindo o instrumento que se pretende desenvolver, apenas, nos subsistemas de aquisição de dados e na interface com o utilizador. Grande parte dos algoritmos de processamento digital de sinal incorporados no aparelho como, por exemplo, a análise espectral são idênticos aos utilizados no processamento da fala e de sinais acústicos.

## 3. CONCLUSÃO

A visão, a robótica e o processamento de sinais são áreas de importância fundamental para o desenvolvimento tecnológico do País, o qual passa pela automatização do sector produtivo e pela necessidade de melhorar a qualidade dos nossos produtos em face da concorrência nos novos mercados europeus onde nos queremos inserir.

Em colaboração com outras instituições públicas e privadas têm sido levados a cabo trabalhos de investigação nas áreas acima descritas. O GAAS tem capacidade e está disposto a encarar novos projectos em colaboração com a indústria nacional.