

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DO NÚMERO DA PANELA POR VISÃO COMPUTACIONAL PARA TRACKING DE PANEAS EM ACIARIAS¹

Leonardo Muradas San Martin Reis ²

Luiz Fernando Etrusco Moreira³

Marcelo Borghetti⁴

Resumo

O *tracking* de panelas em uma aciaria é fundamental para a correta gestão das panelas, seus dispositivos, tempos de processo e temperaturas adequadas do aço na chegada ao lingotamento contínuo. Tais variáveis têm impacto direto na qualidade do aço produzido, na eficiência energética, na performance da aciaria e, conseqüentemente, no custo de produção. Porém, apontamentos manuais durante a corrida, além de sobrecarregar os operadores, são susceptíveis a erros, principalmente quando na associação do número da panela à corrida. Nos últimos anos, várias tentativas de *tracking* automático se mostraram ineficientes. Este trabalho se baseia em um projeto de visão computacional, capaz de identificar automaticamente o número da panela durante a sua movimentação na aciaria, gerando informações precisas e confiáveis, fundamentais para um *tracking* de panelas eficiente. O sistema foi desenvolvido utilizando técnicas de tratamento de imagem, simbologias para marcação de panelas e controle de iluminação, eliminando obstáculos presentes em uma aciaria como presença de particulado e variações bruscas na iluminação devido a vazamentos de aço. Estas técnicas permitiram que o sistema alcançasse um índice de acerto no reconhecimento das panelas de praticamente cem por cento.

Palavras-chave: Aciaria; *Tracking* de panelas; Visão computacional; Tratamento de imagem.

LADLE AUTOMATIC RECOGNITION IN STEELSHOPS FOR LADLE TRACKING USING COMPUTER VISION

Abstract

Ladle tracking is essential for managing ladles, its devices, process times and temperatures in a steelshop. These variables impact directly the produced steel quality, energy efficiency, performance and, therefore, production costs. Manual inputs in a ladle tracking system may overload steelshop operators and cause errors, mainly when indicating the number of the ladle responsible for a run. Several attempts to automatically recognize the ladle number have failed in the last years. This paper is based on a computer vision project, capable of identifying automatically the ladle during its movement inside the steelshop, giving trustable information to the ladle tracking system. The project uses image treatment techniques, lighting compensation and physical tags, avoiding problems like dust and lighting variations, achieving close to 100% recognition assertiveness.

Key words: Steelshop; Ladle tracking; Computer vision; Image treatment.

¹ Contribuição técnica ao 15º Seminário de Automação e TI Industrial, 20 a 22 de setembro de 2011, São Paulo, SP.

² IT Coordinator, Siemens VAI. leonardo.muradas@siemens.com.

³ Diretor de Tecnologia, iVision. luizf@ivision.ind.br.

⁴ Engenheiro, iVision. borghetti@ivision.ind.br.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado um projeto de visão computacional para o reconhecimento de painéis em aciarias, com objetivo de aumentar a confiabilidade de informações em sistemas de *tracking* de painéis. Serão descritos os métodos e técnicas utilizados, assim como os principais ganhos com a implantação do *tracking*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Visão Computacional

A utilização de sistemas de visão computacional, baseado em processamento de imagens capturadas por câmeras, é hoje parte do nosso dia a dia. Seja na área de segurança, como reconhecimento de face; no trânsito, por meio do reconhecimento de placas de carro; ou em videogames, onde os movimentos dos jogadores são capturados. Na indústria, visão computacional vem sendo utilizada cada vez mais para a detecção de falhas, auxílio na operação de processos complexos e controle de qualidade, entre outros.

As técnicas de tratamento de imagem evoluem exponencialmente, auxiliando plantas a aumentar a qualidade de seus produtos finais e reduzindo custos operacionais. Em paralelo, o avanço da tecnologia aplicada à visão computacional disponibiliza câmeras e placas de processamento de imagens cada vez mais avançadas e por um custo menor. Hoje, existem diversas aplicações industriais que utilizam visão computacional, como por exemplo:

- medição e controle de temperatura com utilização de câmeras infravermelho;
- inspeção de produtos delicados e de dimensões reduzidas, como circuitos integrados; e
- manuseio e posicionamento de peças e equipamentos em ambientes insalubres.

2.2 Reconhecimento Automático de Painéis

Em uma aciaria, normalmente as painéis de aço são identificadas por inspeção visual, já que normalmente têm o seu número pintado na carcaça, permitindo aos operadores identificá-las. Algumas tentativas de reconhecimento automático ocorreram nos últimos anos, a grande maioria sem sucesso.

A utilização de *transponders* talvez tenha sido a principal destas tentativas. A alta temperatura da carcaça da panela, no entanto, impossibilita o uso de tais dispositivos. Mesmo com o uso de proteções térmicas, os dispositivos RFID existentes hoje não suportam altas temperaturas, causando a sua falha e, conseqüentemente, uma necessidade de manutenção do sistema para a troca dos *transponders* em curtos espaços (MTBF baixo). Além disso, há a necessidade de instalação de antenas na área da aciaria, que além de terem um custo razoável, estão sujeitas a choques mecânicos e interferências eletromagnéticas. Assim, a utilização de *transponders* não é aconselhável devido à frequência de manutenção e custo.

Recentemente, algumas iniciativas de reconhecimento automático de painéis por visão computacional foram executadas, mas também sem sucesso. Tentativas com a utilização de laser, com projeção sobre códigos de barras 3D ou sobre marcações

físicas, ficam sujeitas à interferência de particulado e precisam de um posicionamento perfeito do feixe de laser para a correta identificação.

Normalmente, os principais obstáculos para o reconhecimento utilizando visão computacional são:

- ambiente hostil sujeito a choques mecânicos e altas temperaturas, avariando câmeras e demais equipamentos;
- presença de particulado, diminuindo a qualidade da imagem a ser processada;
- ampla variação de luminosidade devido a operações como vazamento de aço do convertedor na panela e adição de ligas; e
- necessidade constante de pintura do número da panela devido a projeção de material na carcaça da panela e, conseqüentemente, na sua identificação.

Como na maioria dos casos o insucesso de projetos similares foi causado devido à dificuldade de captura de imagem da panela a ser reconhecida, o projeto foi dividido em duas fases: primeiramente, a aquisição de imagem, garantindo uma qualidade mínima nas imagens capturadas para garantir o reconhecimento da panela. Posteriormente, o tratamento da imagem capturada para reconhecer o número da panela, ou seja, o software de tratamento e reconhecimento em si.

2.2.1 Aquisição de imagem

Analisando separadamente tais fatores de insucesso, a Siemens e a Invent Vision, autoras deste artigo, desenvolveram e patentearam um sistema de reconhecimento de painéis por visão computacional para ser utilizado em aplicações de *tracking* de painéis. A seguir, as técnicas para mitigar cada um dos obstáculos citados anteriormente na aquisição da imagem utilizada para o reconhecimento da panela:

- Ambiente Hostil

Uma aciaria expõe equipamentos a altas temperaturas, além de possíveis choques mecânicos que podem inutilizar equipamentos como câmeras, refletores e computadores.

A escolha do local onde será instalada a câmera de captura de imagens é um dos fatores mais importantes para o sucesso do projeto. Hoje, existem câmeras e lentes que permitem que a câmera seja posicionada em um local onde não esteja susceptível a choques mecânicos, ou seja, a uma distância suficientemente distante da rota de passagem da panela. Quanto à temperatura, alguns pontos de reconhecimento podem exigir câmeras refrigeradas, embora isso não ocorra com frequência. Usualmente a escolha correta do local de instalação da câmera elimina o obstáculo alta temperatura.

- Presença de Particulado

A presença de particulado é comum em aciarias, e pode prejudicar a captura de imagens. Em relação à este problema, a solução está na escolha do local de instalação da câmera e na área de cobertura da mesma, além da performance do algoritmo de processamento de imagem. Uma alta performance permitirá que o sistema tente reconhecer a panela continuamente, e não em certos intervalos de tempo (baixa frequência). Assim, em um primeiro momento, a presença de particulado pode ser prejudicial. No entanto, instantes depois, é possível que a incidência de particulado diminua, possibilitando o reconhecimento.

Garantindo uma maior área de cobertura da câmera, aumenta-se a probabilidade de se capturar uma imagem com ausência de particulado. Não há a necessidade de se focalizar apenas o identificador da panela, ou seja, utilizar lentes para aproximação da imagem da panela.

- Variação de luminosidade

A variação de luminosidade em uma aciaria ocorre por diversos fatores, nem sempre levados em consideração:

- diferença da iluminação natural decorrente de horário (manhã ou noite), tempo (ensolarado ou nublado), estação (verão ou inverno);
- falha na iluminação artificial da aciaria, como por exemplo, um refletor queimado;
- vazamento de aço do convertedor para a panela, emitindo grande quantidade de luz, inclusive na faixa de infravermelho; e
- adição de ligas como alumínio, causando grande luminescência por curtos períodos de tempo.

A Figura 1 mostra o histograma de uma imagem interna de uma aciaria, capturada de um mesmo ponto, durante diferentes horários de um mesmo dia.

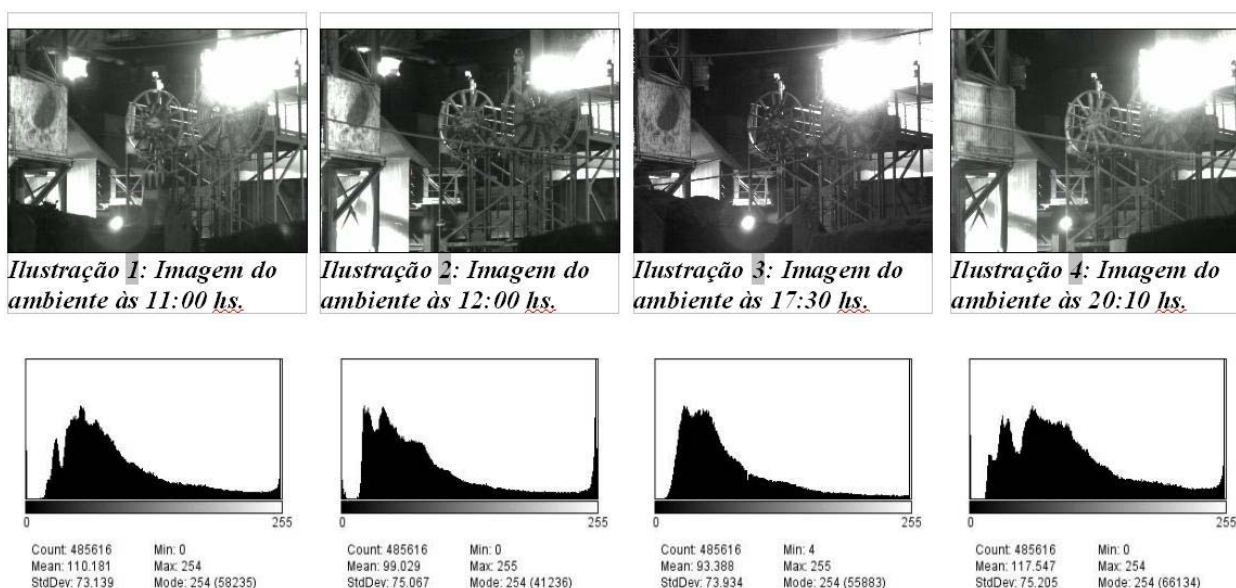


Figura 1. Variação de luminosidade durante o dia.

É essencial que se tenha no ponto de reconhecimento presença de iluminação artificial. Esta iluminação deve ser potente o suficiente para que nenhum dos fatores citados anteriormente provoque uma grande alteração na luminescência. Em alguns pontos, é aconselhável ter uma automação para que a iluminação artificial seja acionada apenas quando a panela está na área de reconhecimento.

- Projeção de Material

A projeção de material (respingo de aço) e presença de particulado ao longo da panela pode prejudicar o reconhecimento e, dependendo da solução desenhada, requer uma manutenção constante. Normalmente, as painéis de aço de aciarias possuem seus números pintados em branco, e ao longo do ciclo da panela, conforme corridas são executadas, este número deve ser pintado novamente pois vai se tornando ilegível. Em algumas aciarias, este número só é pintado quando a panela sai do ciclo, prejudicando sua identificação durante a corrida. Em outras, ele é pintado mesmo com a panela no ciclo, podendo atrasar o processo.

Para diminuir a possibilidade de falhas, o projeto buscou uma identificação que possibilitasse uma manutenção rápida e que não impedisse o reconhecimento de uma hora para a outra. A solução encontrada foi a utilização de placas de aço com figuras geométricas pintadas em branco para marcar as painéis. Estas placas podem ser trocadas em um curto espaço de tempo, pois são encaixadas em um suporte fixado à panela. Assim, a área de manutenção de painéis, que possui placas sobressalentes, efetua a manutenção rapidamente.

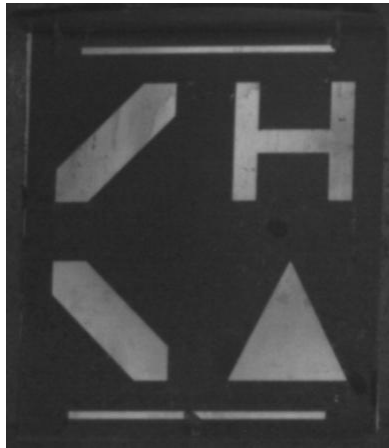


Figura 2. Placa utilizada para a marcação das painéis.

2.2.2 Software de reconhecimento de imagem

Após detectar e eliminar os obstáculos para a captura da imagem e garantir a manutenibilidade do sistema, o projeto desenvolveu o software de reconhecimento e envio do número da panela para o aplicativo de *tracking* de painéis.

Além de utilizar algoritmos de tratamento de imagem para compensar ruídos, o *software* utiliza técnicas que permitem o reconhecimento das figuras geométricas presentes nas placas de marcação das painéis mesmo que estas não estejam em perfeito estado. Isto permite que o reconhecimento seja feito até mesmo em casos em que ocorra projeção de material e as figuras sejam parcialmente encobertas por aço. Fazendo uma analogia à visão humana, seria o mesmo que encobrir parcialmente uma letra. Em alguns casos, mesmo não visualizando completamente a letra, nós seríamos capazes de identificá-la.



Resultado do teste

Figura 3. Tela do sistema mostrando o reconhecimento de uma placa de identificação.



Figura 4. Identificação da panela mesmo com a placa encoberta por particulado, que seria de difícil reconhecimento pelo olho humano.

Uma vez que as figuras geométricas são identificadas na placa de marcação das painéis, o *software* é responsável por decodificar o número da placa. Cada placa possui uma placa com combinações distintas das figuras geométricas.

Quando o sistema identifica a placa, ele informa ao usuário a probabilidade de acerto da identificação. Quando as placas de identificação estão em perfeito estado, e a iluminação satisfatória, a probabilidade chega a 100%. Conforme a placa vai sendo encoberta por aço ou suja por particulado, a probabilidade de acerto vai diminuindo gradativamente, indicando a necessidade de troca da identificação da placa.

Sendo assim, o *software* desenvolvido é probabilístico, e não determinístico. Isso aumenta a disponibilidade do sistema e diminui a necessidade de manutenção das placas de identificação de painéis. O usuário configura uma probabilidade mínima de acerto (exemplo 80%) para que o *software* só considere reconhecido e envie o número da placa para o sistema de *tracking* de painéis quando alcance este valor. Caso fique abaixo deste valor, o *software* deverá emitir uma solicitação de manutenção na placa de identificação da placa.

2.3 Tracking de Painéis

O principal objetivo do reconhecimento automático do número da placa em uma aciaria é gerar uma informação confiável, que permita associar o número da placa a outros eventos de processo. Os sistemas de *tracking* de placa são os principais favorecidos, pois não dependendo de entrada manual do número da placa pelo operador, poderá gerenciar melhor as painéis, seus dispositivos, e realizar o controle térmico da aciaria.

Uma vez recebido o número da placa, o sistema de *tracking* pode gravar todos os tempos de processo da placa durante a corrida, ou seja, data e hora de entrada e saída em cada equipamento. Esta informação é vital para se controlar o tempo com aço e sem aço das painéis, além do número de corridas realizadas. Com esta informação é possível controlar as manutenções na placa e seus dispositivos.

Através do registro dos tempos de processo também é possível determinar o índice de encharque da placa. Este índice é a quantificação da condição térmica da placa, e auxilia a operação na hora de escolher as painéis que deverão executar as corridas planejadas, aumentando a eficiência energética. O cálculo do índice de encharque é feito utilizando-se lógica *fuzzy*, levando-se em conta variáveis como tempo com aço e sem aço da placa, sequência de corridas da placa no ciclo e tempo de aquecimento.

O índice de encharque é apenas o primeiro passo para o controle térmico em uma aciaria. Com as informações de processo confiáveis e a condição térmica da placa, é possível prever as perdas energéticas do aço na placa durante a corrida. Assim, dada uma temperatura objetivada no distribuidor do contínuo, pode-se calcular a temperatura de liberação do aço nas estações em que o aço ganha temperatura, como por exemplo, o forno placa. A temperatura de liberação é calculada somando-se à temperatura objetivada no distribuidor as perdas de temperatura em cada equipamento de processo e as perdas de transporte do aço, entre um equipamento e outro, até chegar ao lingotamento contínuo.

Para o cálculo da temperatura de liberação, são utilizadas redes neurais. O correto registro do número da placa, dos tempos de processo e do índice de encharque é essencial para o treinamento e validação da rede neural. O cálculo da temperatura de liberação diminui os tempos de processo, evita rompimentos de veio ou

congelamento de corrida, reduz uso de eletrodos e insumos, aumenta a eficiência energética e produz um aço com maior qualidade.

3 CONCLUSÃO

O reconhecimento de painelas por visão computacional se mostrou eficiente mesmo em um ambiente insípido como uma aciaria, onde há presença de particulado, variações bruscas de luminosidade e alta temperatura. Para isso, é necessária a utilização de técnicas de tratamento de imagem e intervenções físicas, como iluminação artificial e marcação das painelas. Quando comparado a outros métodos como a utilização de *transponders*, a manutenibilidade do sistema por visão computacional é bem maior, viabilizando financeiramente o sistema. O *Tracking* de painelas, utilizando o sistema de reconhecimento automático, gera informações confiáveis de processo, permitindo uma melhor gestão de painelas e seus dispositivos, além de uma maior assertividade na temperatura do aço ao chegar ao lingotamento. Isso significa maior qualidade e menor custo de produção.