Robótica

Sistemas e Processamentos Robóticos

Diretor Executivo

DAVID LIRA STEPHEN BARROS

Gerente Editorial

ALESSANDRA VANESSA FERREIRA DOS SANTOS

Projeto Gráfico

TIAGO DA ROCHA

Autoria

DANYELLE GARCIA GUEDES

JESSICA LAISA SILVA

AUTORIA

Danyelle Garcia Guedes

Olá. Sou mestranda pela na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Ciência e Engenharia de Materiais; especialista pela Faculdade Campos Elíseos (FCE) em Docência do Ensino Superior; e bacharel pela UFCG em Ciência e Engenharia de Materiais. Atuei com membro e pesquisadora no Laboratório de Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste (Certbio) na pesquisa e no desenvolvimento de dispositivos biossensores e biomateriais e no Laboratório de Tecnologia de Materiais da UFCG no desenvolvimento de materiais cerâmicos e nanofibras. Atualmente, sou membro do Laboratório de Materiais Cerâmicos e Avançados. Sou apaixonada pelo que faço e adoro transmitir minha experiência de vida àqueles que estão iniciando em suas profissões. Por isso fui convidada pela Editora Telesapiens a integrar seu elenco de autores independentes. Estou muito feliz em poder ajudar você nesta fase de muito estudo e trabalho. Conte comigo!

Jessica Laisa Silva

Olá. Sou graduada em Sistema da Informação e mestrado em Sistema e Computação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Tenho experiência na área de Informática na Educação, com ênfase em Mineração de Dados Educacionais. Realizo trabalhos e pesquisas voltados ao universo dos jogos digitais inseridos no contexto educacional, como incentivo deles no ensino de jovens e professores. Atualmente, realizo pesquisas no contexto de disseminação do pensamento computacional para crianças e jovens. As áreas de interesse de estudo são as seguintes: Educação, Engenharia de Software, Mineração de Dados, Pensamento Computacional, Jogos Digitais Educativos e Gerenciamento de projeto. Conte comigo!

ICONOGRÁFICOS

Olá. Esses ícones irão aparecer em sua trilha de aprendizagem toda vez que:

OBJETIVO:
para o início do desenvolvimento de uma nova competência;

NOTA:
quando necessárias observações ou complementações para o seu conhecimento;

EXPLICANDO MELHOR:
algo precisa ser melhor explicado ou detalhado;

SAIBA MAIS:
textos, referências bibliográficas e links para aprofundamento do seu conhecimento;

ACESSE:
se for preciso acessar um ou mais sites para fazer download, assistir vídeos, ler textos, ouvir *podcast*;

ATIVIDADES:
quando alguma atividade de autoaprendizagem for aplicada;

DEFINIÇÃO:
houver necessidade de apresentar um novo conceito;

IMPORTANTE:
as observações escritas tiveram que ser priorizadas para você;

VOCÊ SABIA?
curiosidades e indagações lúdicas sobre o tema em estudo, se forem necessárias;

REFLITA:
se houver a necessidade de chamar a atenção sobre algo a ser refletido ou discutido;

RESUMINDO:
quando for preciso fazer um resumo acumulativo das últimas abordagens;

TESTANDO:
quando uma competência for concluída e questões forem explicadas;

SUMÁRIO

Sistemas de Visão Robótica 12

Introdução aos sistemas e processamentos robóticos 12

Sistemas de visão robótica 13

Breve história da visão robótica 15

Características gerais 16

Funcionalidades da visão robótica 19

Outras características 20

Vantagens da utilização da visão robótica 21

Aplicações da visão robótica 22

Digitalização de Imagens por Robôs 24

Introdução 24

Aquisição e digitalização de imagens 25

Características 32

Outras informações 34

Pré-Processamento de Imagens em Robôs 37

Introdução 37

Pré-processamento de imagens 37

Posição, Orientação e Reconhecimento de Objetos por Robôs 48

Introdução 48

Extração de características 48

Reconhecimento de objetos 52

UNIDADE 04

INTRODUÇÃO

Você sabia que a Robótica tem uma área de sistemas e processamentos? E, nesse setor, o que mais se destaca é o sistema de visão robótica? Esse sistema é comparado como se fosse o olho humano, só que em um robô. Com ele, a máquina consegue captar muitas informações que estão em sua volta, para distribuir as funções necessárias e planejadas para os objetos e serviços em que ela atuará. Dessa forma, o sistema de visão robótica possui uma sequência de etapas que devem ser seguidas, de modo que o processo ocorra de forma perfeita e sem prejuízos. Nesta Unidade, aprenderemos sobre o sistema de visão robótica e as etapas que o constitui, como a aquisição de imagem, a digitalização, o pré-processamento, a extração de informações e o reconhecimento dos objetos pelos robôs. Entendeu? Ao longo desta unidade letiva você vai mergulhar neste universo!

OBJETIVOS

Olá. Seja muito bem-vindo à Unidade 4 – Sistemas e processamentos robóticos. Nosso objetivo é auxiliar você no desenvolvimento das seguintes competências profissionais até o término desta etapa de estudos:

1. Compreender os sistemas de visão robótica.
2. Definir os conceitos sobre imagem e suas técnicas de digitalização.
3. Aplicar as técnicas de pré-processamentos, eliminação de ruídos e redução de dados em imagens.
4. Utilizar as técnicas para a determinação da posição e orientação de objetos, assim como o seu reconhecimento.

Sistemas de Visão Robótica

OBJETIVO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender como funcionam os sistemas de visão utilizados por um robô. Isso será fundamental para o exercício de sua profissão, já que a visão robótica é a área que diferencia o que estudamos até agora, uma vez que agora trabalharemos com a importante tradução de dados e informações.

E então? Motivado para desenvolver esta competência? Vamos lá. Avante!

Introdução aos sistemas e processamentos robóticos

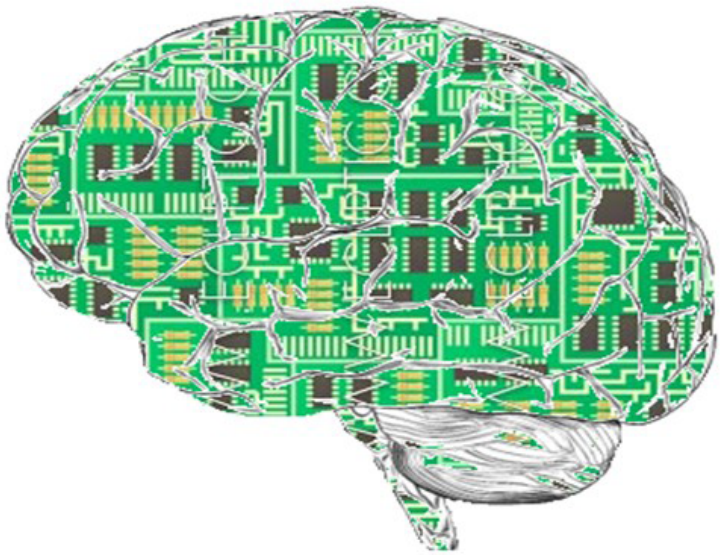
Caro aluno, agora, veremos um aspecto mais interno dos robôs: os seus sistemas de processamento.

Inicialmente, vamos aprender o que é um sistema de processamento robótico.

De forma simplificada, um sistema de processamento robótico consiste na tecnologia de *softwares* que automatizam as tarefas digitais de um robô.

Esses processos de automação, na Robótica, têm as habilidades digitais que muitos programadores utilizam. Eles conseguem interagir na máquina como um todo, determinando as tarefas que serão realizadas e como tudo será feito.

Figura 1 – Ilustração de um cérebro formado por placas de informação de um robô



Fonte: Wikimedia Commons.

Existem muitos benefícios ao utilizar esses sistemas de processamento, que são perceptíveis desde o começo da utilização do robô. Entre eles, podemos citar a redução de custos e o aumento da precisão e da velocidade.

Sistemas de visão robótica

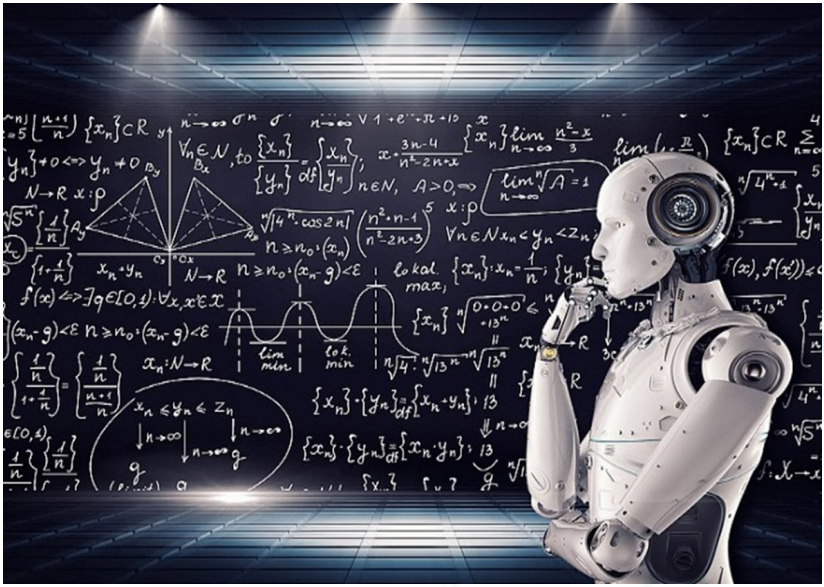
Na Robótica, a utilização da visão computacional faz com que o uso dessa técnica aprimore os processos de automação, já que fornecem aos robôs a complexidade de um sistema de visão (FU; GONZALEZ; LEE, 1987).

Diferentemente da parte de sistemas mecânicos, a visão computacional robótica permite a melhora dos sistemas de automação, o que, consequentemente, aperfeiçoa o seu desempenho.

IMPORTANTE:

Os sistemas de visão robótica são responsáveis pela visão do robô, de uma forma geral. Com esse sistema, o robô consegue enxergar o ambiente em que está inserido, para que, com isso, ele retire as informações que estão em seu entorno, por meio de câmeras de vídeo, sensores, *scanners* e outras peças, que fotografam imagens.

Figura 2 – Ilustração da simulação de um robô analisando o ambiente em que ele está inserido

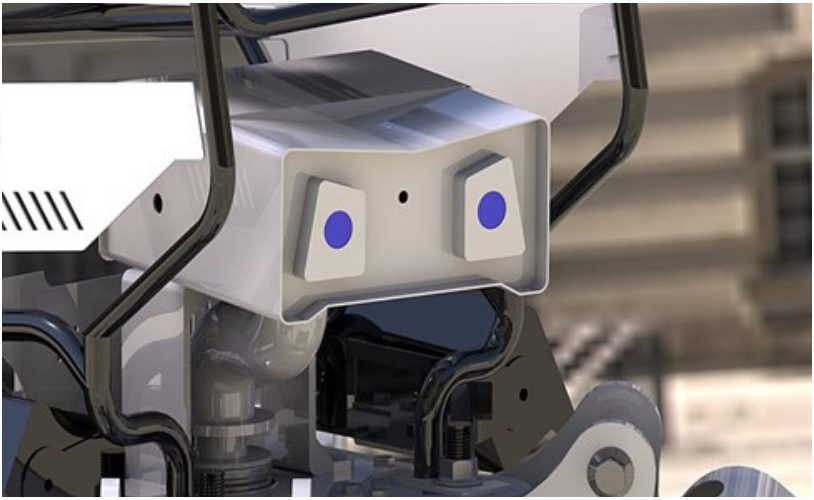


Fonte: Wikimedia Commons.

Ao retirar essas informações do ambiente, a máquina consegue processar, entender, reconhecer e manipular os dados do serviço que será realizado, por meio de uma imagem.

Esse sistema de visão pode ser comparado com os olhos dos seres humanos, que utilizamos para perceber o ambiente em que estamos inseridos ou buscar algum tipo de comportamento ou mudança.

Figura 3 – Ilustração da simulação da visão robótica



Fonte: Wikimedia Commons.

Breve história da visão robótica

A visão computacional de máquinas é uma área que começou a ser explorada há pouco tempo. Ela começou a ser estudada no final do século XX, mais precisamente na década de 1970, quando os computadores começaram a ter funções mais aprofundadas, como o processamento de uma grande carga de dados.

Em 1973, os cientistas Shirai e Inoue conseguiram publicar o seu primeiro trabalho sobre a visão computacional, o que foi, também, a primeira obra desse setor. Em seu trabalho, eles utilizavam a visão computacional para a realimentação do controle de posicionamentos de robôs, com o intuito de fomentar o crescimento da precisão.

VOCÊ SABIA?

A partir desse momento da década de 1970, a visão robótica começou a ser estudada com mais afinco, com o objetivo de melhorar as câmeras utilizadas pelos robôs, a parte do processamento de informações adquiridas, deixando-as mais precisas e confiáveis.

Atualmente, existe uma gama de métodos para solucionar alguns problemas, mas eles são bastante específicos e devem ser utilizados em seu contexto de trabalho, já que não podem ser aplicados em outros setores.

Na visão robótica, os aparelhos são programados para resolver tarefas objetivas e particulares.

Nos robôs, a utilização da inteligência artificial se faz imprescindível, de maneira que essa ferramenta lide com os movimentos mecânicos que devem ser realizados pelos robôs, como o seu deslocamento.

ACESSE:

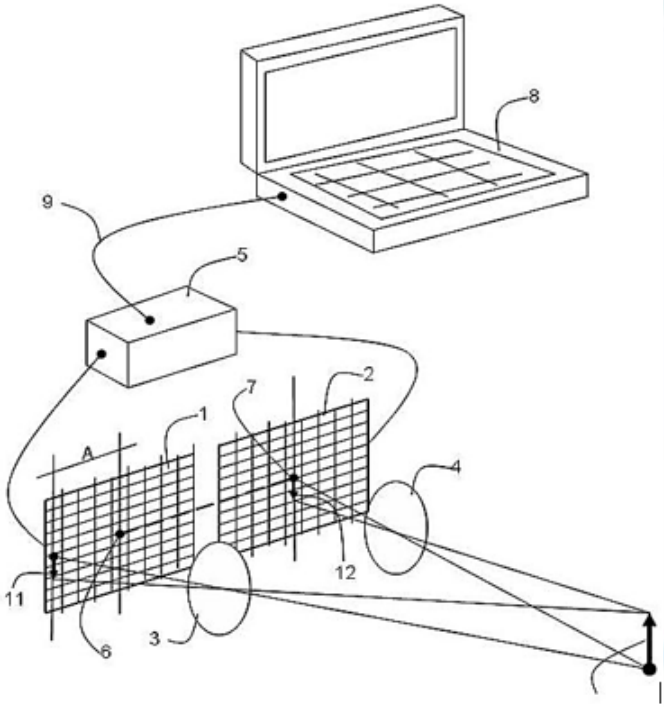
No vídeo a seguir, é retratada a forma como um sistema de visão robótica foi instalado em uma empresa, para averiguar os produtos que estão com defeitos em uma linha de inspeção. Você vai poder observar a redução de quase um quarto do tempo, após a instalação desse sistema no robô, o que garante uma redução de despesas por parte da empresa. Para acessar, clique aqui.

Características gerais

De forma resumida, temos que a visão robótica é a área da ciência que opera como as máquinas enxergam. Ela consegue desenvolver a teoria e o aparato necessário para construir sistemas artificiais, com o propósito de obter informações por imagem e dados. No nosso estudo, esse sistema de visão atuará, principalmente no controle de processos.

Para que isso aconteça, é necessária a utilização de *softwares* e *hardwares*.

Figura 4 – Ilustração da captação de informações por um robô com visão



Fonte: Wikimedia Commons.

Quando pensamos no ser humano como um todo, os olhos são uma das partes do corpo mais importantes, pois é por meio desse órgão que a maioria das informações são captadas no dia a dia, para, posteriormente, serem processadas e transformadas em outro tipo de informação, por outro órgão.

Com isso, a visão consegue repassar essas informações para o cérebro, onde serão processadas no seu córtex visual, que é conhecido por ser uma das partes mais importantes do sistema de informações do nosso corpo.

Muitos médicos e cientistas estudam essa parte do cérebro na tentativa de compreendê-lo melhor, de modo a aplicar esses conhecimentos na Robótica, por exemplo, o que é conhecido como "neurociência".

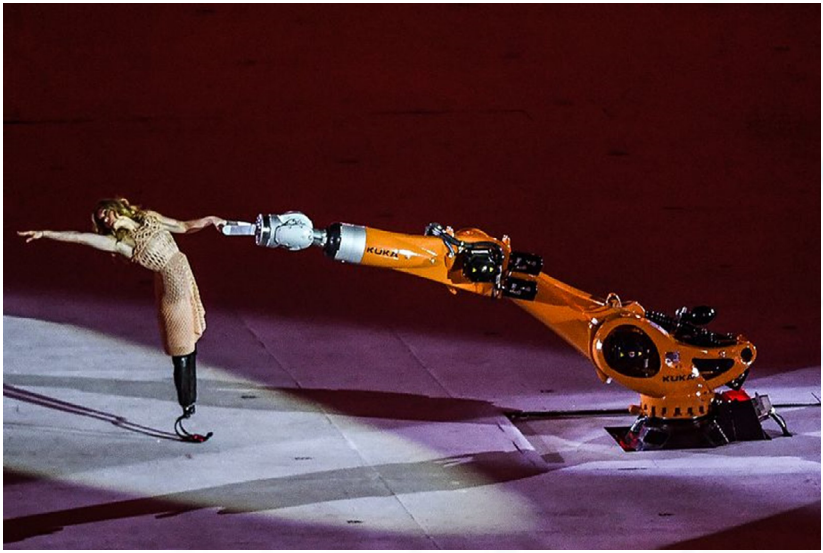
Então, a missão do robô será a de executar, com confiabilidade e precisão, o máximo de proximidade com que o ser humano faria aquela determinada tarefa.

Por isso, a visão robótica envolve uma gama de áreas para que ela seja executada com maestria. Entre elas, podemos citar: a inteligência artificial, o processamento de sinais, o reconhecimento de padrões, a neurociência e a teoria de controle (TRUCCO; VERRI, 1998).

VOCÊ SABIA?

Você sabia que, em 2016, na cerimônia de abertura dos Jogos Paralímpicos de Verão, as Paralímpiadas Rio 2016, realizada no Brasil, foi utilizado um braço robótico com sistema de visão computacional? Isso mesmo! O robô foi utilizado, juntamente com a atleta de *snowboarder* Amy Purdy, que realizou uma dança com o robô, chamado de KUKA. O objetivo da dança era mostrar a importância e a coexistência de seres humanos e robôs na contemporaneidade.

Figura 5 – Ilustração da atleta dançando com o robô



Fonte: Wikimedia Commons.

Para a utilização de um sistema de visão robótico, é necessário aplicá-lo em atividades particulares, já que eles são bem específicos para serem inseridos em contextos gerais. Isso faz com que o robô se torne um "especialista" naquela tarefa, o que garante a precisão do equipamento.

Por causa disso, não podemos utilizar um modelo padrão para realizar diversas tarefas distintas, já que a ele confere a singularidade.

O que pode unir todos os tipos de sistemas de visão robótica, já que eles são distintos em relação à sua tarefa, é a forma como ele reconhece os objetos, por meio de vídeos e imagens.

Funcionalidades da visão robótica

Para que um robô consiga utilizar uma câmera para obter informações sobre uma determinada posição e orientação de um objeto, se faz imprescindível conhecer informações relativa a ele, como a sua posição e orientação da garra da máquina e a base do objeto analisado.

IMPORTANTE:

Para que isso ocorra da forma mais confiável e precisa possível, se faz necessário que o robô esteja calibrado. E, para tanto, a garra do robô e a câmera devem estar inseridas no mesmo elo.

Alguns autores definem algumas funcionalidades principais para o sistema de visão robótica, entre elas, podemos citar:

1. Aquisição da imagem:

A primeira atividade a ser realizada na visão robótica é a aquisição da imagem. Essa imagem ou vídeo pode ser obtida por diversos equipamentos, como câmeras fotográficas, sensores, entre outras peças. A imagem ou o conjunto de imagens que é criado poder ter duas ou mais dimensões.

2. Pré-processamento:

O pré-processamento é feito antes de conseguir as informações da imagem que foi captada. Ele aplica técnicas específicas para que a identificação do objeto analisado seja mais fácil.

3. Extração de características:

Nessa parte, o foco é atribuir modelos matemáticos que formam uma imagem, como seu formato e movimento.

4. Detecção e segmentação:

Esse patamar captura e seleciona as partes ou regiões mais importantes da imagem, para que possam ser analisadas depois com maior cautela.

5. Processamento de alto nível:

Aqui são validadas as informações que foram obtidas, atribuindo parâmetros e classificando as partes da imagem.

Outras características

Um sistema de visão robótica é dividido em dois setores: *hardware* e *software*. Vamos analisá-los de forma separada.

- Sistema de *hardware*:

O sistema de *hardware* é formado por alguns equipamentos e circuitos eletrônicos, que têm a função de adquirir, digitalizar e armazenar as imagens capturadas.

- Sistema de software:

O sistema de *software* pega a imagem que foi capturada e a processa. Esse procedimento permite que as informações extraídas sejam entregues ao atuador a resposta.

Na robótica do tipo fixa, dependendo do tipo de montagem dos equipamentos, o processamento das informações se torna mais leve, o que permite um maior volume de dados obtidos. Isso faz com que um menor esforço seja requerido por parte da máquina.

IMPORTANTE:

Dependendo do que se deseja e do tipo de aplicação utilizada, o uso de equipamentos melhores pode ser um diferencial na indústria, como o uso de câmeras com um maior poder de resolução, a utilização do foco em favor do trabalho realizado, o posicionamento do objeto frente ao robô, que, ao serem somados, permitem uma melhor estruturação de estúdio.

Quando se trata de aplicações não fixas, ou seja, os móveis, muito pouco se pode planejar esse estúdio, já que a captação das imagens fica mais difícil, dependendo da velocidade. Para isso, devem ser utilizados equipamentos ainda mais modernos, os quais possuem um algoritmo mais complexo.

Vantagens da utilização da visão robótica

A utilização da visão computacional na Robótica traz diversas vantagens onde ela for aplicada, entre elas, podemos citar:

- Ganhos significativos na produção industrial.
- Redução do tempo necessário para a realização de alguma tarefa.
- Melhoria na qualidade dos produtos.
- Aumento da automatização.
- Flexibilidade dos sistemas.
- Menor dependência do ser humano.
- Redução de custos com o trabalhador.
- Aumento da precisão.

Aplicações da visão robótica

O sistema de visão robótica pode ser aplicado em uma gama de robôs, os quais têm definições específicas, de acordo com o que o seu programador deseja obter como resultado. Entre as principais aplicações desse sistema, podemos citar:

- Processos de medição.
- Na inspeção do controle de qualidade.
- Detecção de falhas.
- Inspeção de componentes.
- Controle dimensional de objetos.
- Medição de rótulos de embalagens.
- Na robótica móvel, com a utilização de robôs que se deslocam no espaço.
- Identificação de objetos.
- Localização de objetos.
- Reconhecimento de ambientes.
- Reconhecimento de velocidades de operação.

Caro aluno, conseguimos estudar as informações mais importantes acerca dos sistemas de processamentos robóticos, sobretudo o de visão robótica. Este Capítulo foi fundamental para consolidarmos alguns conceitos que serão extremamente importantes, já que iremos aprofundar ainda mais o nosso conhecimento sobre a visão robótica. Estão ansiosos para conhecer como ocorre a captura e a digitalização das imagens por robôs?

RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que um sistema de processamento robótico consiste na tecnologia de *softwares* que automatizam as tarefas digitais de um robô. Eles conseguem interagir na máquina como um todo, determinando as tarefas que serão realizadas e como aquilo será feito. Dentro desses sistemas de processamento, a visão robótica se destaca como um dos setores mais importantes do ramo. Os sistemas de visão robótica são responsáveis pela visão do robô, de uma forma geral. Com esse sistema, o robô consegue enxergar o ambiente em que ele está inserido, para que, com isso, ele retire as informações que estão em seu entorno, por meio de câmeras de vídeo, sensores, *scanners* e outras peças, que fotografam imagens, com a finalidade de obter informações por imagem e dados. Esse sistema de visão atuará, principalmente, no controle de processos. Então, a missão do robô será a de executar, com confiabilidade e precisão, o máximo de proximidade com que o ser humano faria aquela determinada tarefa. Para a utilização de um sistema de visão robótico, é necessário aplicá-lo em atividades particulares, já que eles são bem específicos para serem inseridos em contextos gerais. Isso faz com que o robô se torne um "especialista" naquela tarefa, o que garante a precisão do equipamento. Para isso, o robô deve passar por algumas etapas, como a aquisição da imagem, o pré-processamento, a extração de características, a detecção e o processamento de alto nível. A utilização dos sistemas de visão robótica garante ao processo diversas vantagens, o que faz os cientistas buscarem cada vez mais informações nova a respeito desse tema.

Digitalização de Imagens por Robôs

OBJETIVO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender como funcionam os sistemas de visão utilizados por um robô. Isso será fundamental para o exercício de sua profissão, já que a visão robótica é a área que diferencia o que estudamos até agora, uma vez que agora trabalharemos com a importante tradução de dados e informações.

E então? Motivado para desenvolver esta competência? Vamos lá. Avante!

Introdução

A partir de agora, veremos como acontece cada etapa da visão robótica, desde a captura da imagem até o processamento da informação.

Este Capítulo se dedicará, exclusivamente, à forma como os robôs digitalizam as imagens captadas.

Os robôs são controlados por sistemas complexos conhecidos como *hardwares* e *softwares*. Por isso, podemos adaptar o robô com programas diferentes, com o objetivo de atingir determinadas tarefas específicas.

VOCÊ SABIA?

Você sabia que, antes de utilizarmos esses sofisticados esquemas de tecnologia, como os *softwares* e os *hardwares*, a humanidade utilizava instrumentos como o ábaco, para simular computadores?

Na visão robótica, os computadores são controlados com base em imagens, e não só com sensores como antes. No entanto, estes continuam sendo utilizados para aprimorar o processo. Os robôs

autônomos precisam juntar todas essas informações para que os estímulos sejam convertidos em informações corretas e precisas.

Dessa forma, a visão robótica faz o uso de muitas técnicas diferentes, utilizando algoritmos e ferramentas matemáticas. Com isso, é possível obter as análises de imagens fixas e móveis, com a utilização de um processamento digital de imagens.

Aquisição e digitalização de imagens

Aquisição:

O início do processo de formação da imagem, pelo robô, começa com a aquisição da imagem; depois, ocorre a digitalização.

A imagem que foi capturada pelo dispositivo precisa passar por algumas alterações, para que o computador consiga extrair as informações necessárias.

Figura 6 – Ilustração da captura da imagem real

Fonte: Pexels.

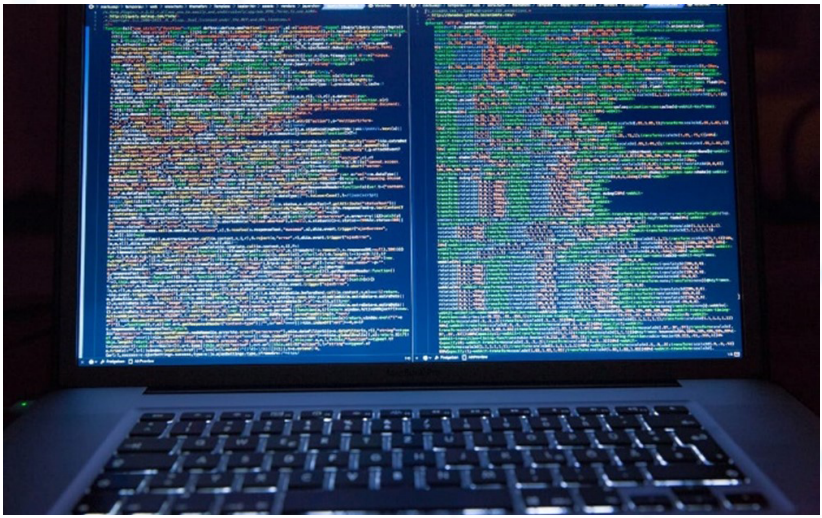
A imagem digital é formada por uma matriz *m x n*, em que *m* = número de linhas e *n* = número de colunas.

A aquisição da imagem pode ser feita, também, por radiação, utilizando sensores específicos.

Digitalização:

Esse processo de digitalização consegue captar as informações mais importantes do ambiente que está sendo visto, como a cor e a forma dos objetos, transferindo para o computador em um formato que o aparelho reconheça.

Figura 7 – Ilustração da digitalização da imagem



Fonte: Pexels.

Conversão:

A imagem captada é capturada em um sinal analógico, sendo transformada em um sinal digital.

Logo, esse aparelho deve converter, em sua saída, em sinal elétrico, de acordo com a energia que foi recebida. Depois desse transdutor, a informação passa para um digitalizador, que converte o sinal analógico em digital, formando, assim, a imagem digital.

Para que sejam representadas nesse formato discreto, ou seja, descontínuos, a imagem analógica, ou contínua, precisa ser convertida.

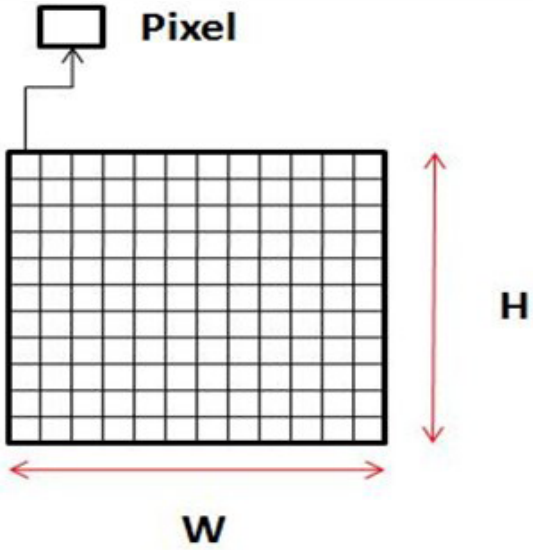
Essa conversão ocorre com a sequência de amostras que variam a voltagem do sinal original.

A imagem obtida pode ser uma cena real, que é captada por lentes ou, então, por um papel com desenho para o reconhecimento por sensores ou, ainda, a utilização de uma câmera digital.

Pixels:

A imagem, após ser capturada, é representada como uma grade de *pixels*. A título de informação, um *pixel* (*picture element*) é o menor ponto que pode ser distinguido em uma imagem digital, que, também, é reconhecido como "pontos".

Figura 8 – Ilustração dos *pixels*



Fonte: Wikimedia Commons.

Essas imagens são convertidas em matrizes, com números inteiros, e cada elemento da matriz é formado por um tipo de *pixel*.

Esse *pixel* caracteriza o valor da tonalidade e a sua localização na imagem.

- Amostragem e quantização:

Existem, também, os conceitos de amostragem e quantização. A amostragem diz respeito ao número de pontos que serão mostrados na imagem digital, ou seja, pode ser chamado de "resolução". Já a quantização é conhecida como a quantidade de tonalidades que podem ser colocadas em cada ponto digitalizado.

Quando se trata de uma imagem real, ela tem uma quantidade ilimitada de tonalidades que podem ser utilizadas.

- Restauração e realce:

Tem-se, ainda, a restauração. Esse processo busca compensar alguns desequilíbrios específicos da imagem, podendo ser chamados de "deficiência". Esse defeito é adquirido no momento em que a imagem é captada ou no processamento.

O realce possibilita o detalhamento da imagem.

- Dimensão da imagem:

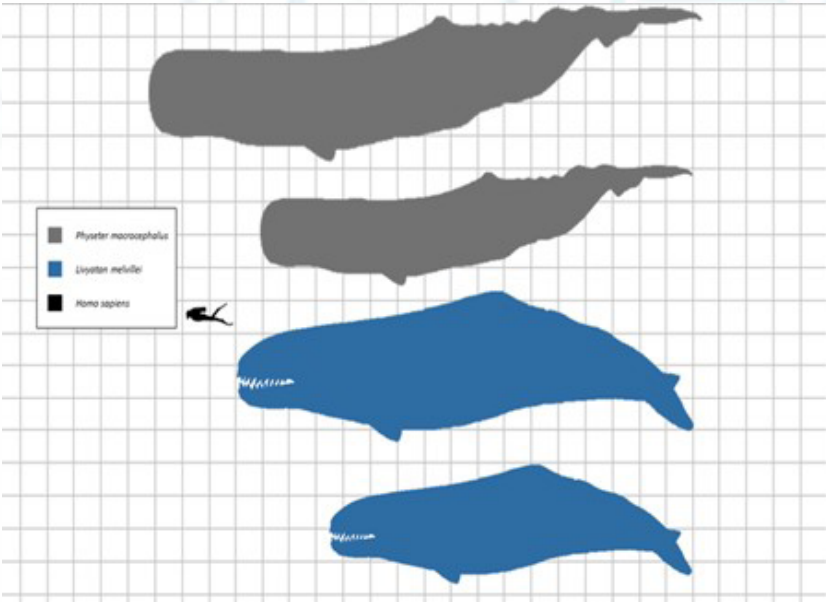
A dimensão da imagem vai depender do tamanho e formato dessa grade de *pixels*. Isso vai recair sobre a qualidade da imagem, já que quanto mais pontos ou *pixels* a imagem tem, maior será a resolução da imagem captada.

Nem sempre uma melhor resolução garante que a imagem será melhor para o objetivo pretendido.

Quando a imagem é digitalizada, ela fica adimensional, no formato de *pixels*. Sabendo a quantidade de *pixels*, conhecemos o tamanho da imagem.

Existem algumas unidades de medidas que são importantes para o nosso estudo, como a polegada. Esta vai mensurar a quantidade de pontos existentes em um determinado comprimento. A polegada pode ser chamada, também, de *dots per inch* (DPI).

Figura 9 – Ilustração do dimensionamento de imagens



Fonte: Wikimedia Commons

- Cores:

As cores são um tópico bastante importante no nosso estudo, já que facilitam a visualização da imagem como um todo.

Para que isso aconteça, existe uma infinidade de formas para codificar as cores. Entre esses formatos, os mais utilizados são conhecidos como Grayscale e RGB.

1. Formato Grayscale:

Esse formato tem uma teoria mais simples, já que utiliza apenas os tons de cinza.

A cor cinza varia entre tons mais claros e mais escuros, o que faz distinguir os pontos da imagem.

Esse formato pode ser chamado de "imagem monocromática". Em cada *pixel* dessa imagem há apenas uma banda espectral.

Figura 10 – Ilustração da utilização do Grayscale para melhorar a imagem

Fonte: Wikimedia Commons

Para isso, são utilizadas um número definido de *bits*, que muda de acordo com a quantidade de tonalidades de cor cinza que se deseja aplicar na imagem, o qual pode ser utilizado, geralmente, até o número 256.

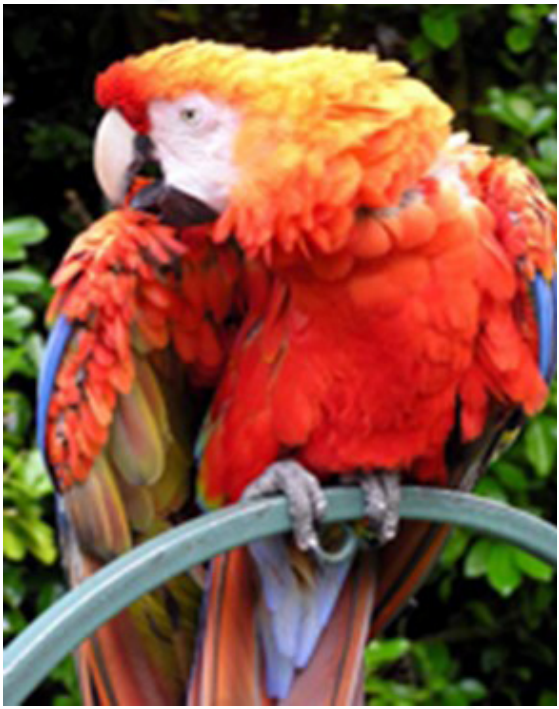
Por exemplo, se quiser representar oito tonalidades da cor cinza, são necessários três *bits* por ponto.

Sabemos que a cor cinza é formada por meio da mistura das cores branco e preta. Sendo assim, essas cores são representadas por números, o branco tem um número, geralmente 255; e o preto, o número 0.

2. Formato RGB:

Esse formato é um pouco mais sofisticado por usar uma escala maior de cores. Aqui são utilizadas as cores: vermelho, verde e azul. Por isso o nome do formato, o R vem de *red* (vermelho, em inglês), G vem do *green* (verde, em inglês) e o B vem de *blue* (azul, em inglês).

Figura 11 – Ilustração da utilização do formato RGB



Fonte: Wikimedia Commons.

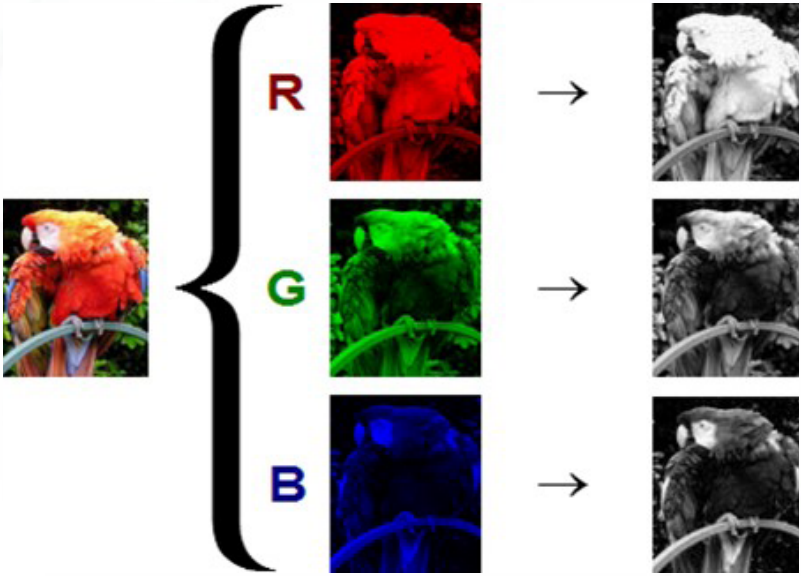
Nessa forma RGB, caso seja necessário representar os 256 valores para cada tipo de cor, é necessário utilizar oito *bits*.

As imagens coloridas têm multibandas, ou seja, muitas faixas espectrais.

Com a ajuda da Matemática, essas três cores podem ser combinadas de formas distintas. Como cada cor tem oito *bits* de capacidade, elas são combinadas entre si, formando tonalidades diferentes.

A composição de cores pode ser tão grande, que o próprio olho humano não consegue distinguir alguns tipos de cores formadas, já que apresentam uma pequena diferença em relação à outra, com tonalidade próxima.

Figura 12 – Ilustração da comparação entre Grayscale e RGB



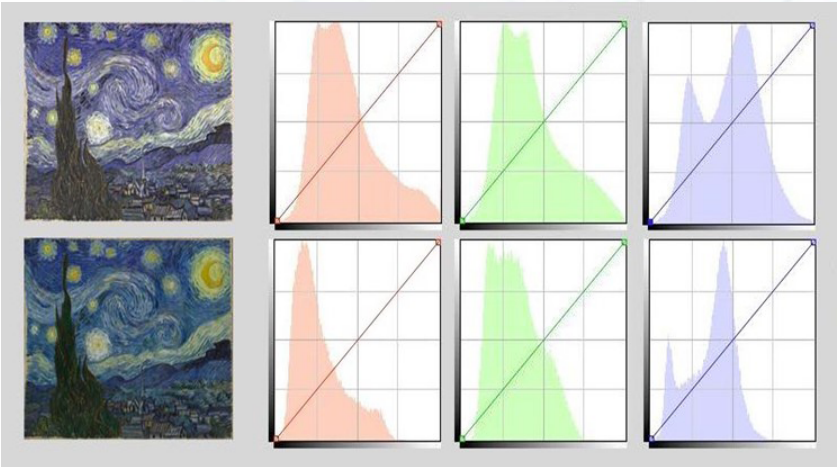
Fonte: Wikimedia Commons.

Características

Quando analisamos uma imagem digital, capturada por uma câmera do robô, existem algumas operações para estudar a imagem obtida. Em relação às cores, existe o histograma, com a função de informar a quantidade de vezes que uma cor específica apareceu naquela imagem.

Esse histograma tem o formato de um gráfico, no qual o eixo *x*, conhecido como o "eixo das abscissas", tem os tons de cinzas ou o RGB. Já no eixo *y*, ou "eixo das ordenadas", possui a informação da frequência daquela tonalidade, ou seja, quantas vezes ela apareceu naquela imagem.

Figura 13 – Ilustração de um histograma de cores RGB



Fonte: Wikimedia Commons.

A parte do histograma é muito pontual, já que é quantitativa, sendo assim, não há o controle do formato espacial da imagem. Ele fornece uma indicação da qualidade da imagem quando se trata do contraste e da intensidade da luz.

- Contraste:

O contraste é uma característica da imagem que consegue marcar a diferença entre duas coisas da mesma natureza, no nosso caso, utilizamos as cores.

Existem as imagens normais, as com baixo contraste e as com alto contraste.

As imagens normais têm, geralmente, um equilíbrio de cores.

As imagens com baixo contraste deixam de utilizar muitos tons de cores. E o alto contraste, contrário do anterior, faz com que muitas cores sejam utilizadas. O uso de mais ou de menos pode comprometer a qualidade da imagem, já que ficam nas extremidades da escala de cores.

Figura 14 – Ilustração da diferença de contrastes em uma fotografia

Fonte: Wikimedia Commons.

Como pode ser observado na Figura 14, na parte esquerda da fotografia há um contraste mais baixo, diferentemente da parte direita, em que o contraste é mais perceptível.

- Operação pontual:

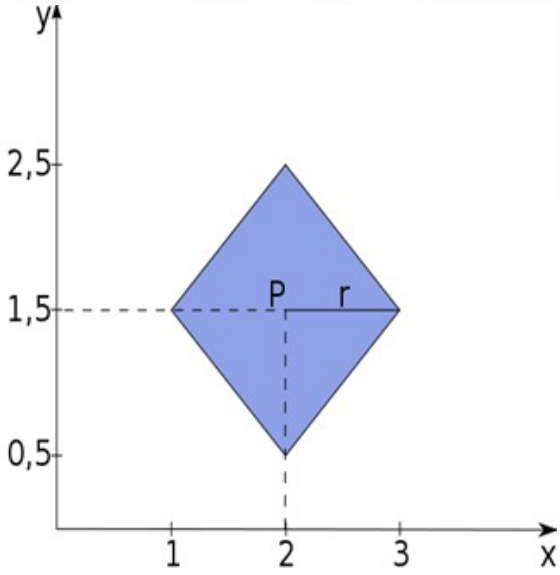
Outra característica comum de uma imagem digital é a operação pontual. Ela tem o papel de fazer uma conversão, já que acaba pegando uma imagem em um determinado formato, como entrada, e transforma em outro formato de saída.

Outras informações

Uma imagem formada por duas dimensões (bidimensional) é formada por uma função do primeiro grau, chamada de "função linear".

Esta tem os dois eixos cartesianos, que podem indicar a intensidade luminosa, ou o chamado "brilho".

Figura 15 – Ilustração dos eixos cartesianos simbolizando as duas dimensões da imagem



Fonte: Wikimedia Commons.

A imagem é formada por *pixels*. Eles têm forma, e a mais utilizada é a quadrada ou a retangular.

Quando a imagem é formada, é montada uma matriz, geralmente, quadrada, ou seja, a quantidade de linhas é igual à quantidade de colunas, o que facilita a parte eletrônica.

Esse tipo de formação pode trazer alguns problemas para as imagens, já que o *pixel* não possui as mesmas propriedades em todas as direções. Devido a isso, as distâncias entre *pixels* podem ser diferentes de um local para outro.

Outra informação importante é: para formar uma imagem, é necessário a aquisição dela. E, para isso, precisamos de um dispositivo físico muito sensível, que consiga captar o espectro de energia eletromagnética.

Caro aluno, vimos a primeira etapa específica da visão robótica: a digitalização de imagens por robôs. Entender este primeiro passo é primordial para dar continuidade aos nossos estudos. E aí, você está animado para conhecer como acontece o pré-processamento de imagens por robôs? Vamos lá?

RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que a visão robótica é dividida em várias etapas. Neste Capítulo, vimos a primeira etapa dela, que foi a aquisição e a digitalização de imagens digitais. Vimos que os robôs, muitas vezes, são controlados e trabalham por meio das imagens. Nessa lógica, o robô precisa adquirir a imagem e, depois, digitalizá-la em um formato que o computador entenda. Essa primeira etapa é chamada de "aquisição da imagem", sendo definida como o momento em que o robô capta a imagem real. Essa imagem digital é feita, geralmente, por câmeras digitais, mas podem ser utilizados sensores. A imagem, após ser capturada, é representada como uma grade de *pixels*. Depois de capturada, é digitalizada, ou seja, a imagem captada é capturada em um sinal analógico, sendo transformada em um sinal digital. Para que sejam representadas nesse formato discreto, ou seja, descontínuos, a imagem analógica, ou contínua, precisa ser convertida. Essas imagens são convertidas em matrizes, com números inteiros, e cada elemento da matriz é formado por um tipo de *pixel*. A dimensão da imagem vai depender do tamanho e formato dessa grade de *pixels*. Isso vai recair sobre a qualidade da imagem, já que quanto mais pontos ou *pixels* a imagem tem, maior será a resolução da imagem captada. As cores são um tópico bastante importante no nosso estudo, já que elas facilitam a visualização da imagem como um todo. Podemos utilizar o Grayscale ou o RGB. A utilização de cada tipo dessas escalas irá depender da proposta de trabalho do robô. O contraste é uma característica da imagem que consegue marcar a diferença entre duas coisas da mesma natureza, no nosso caso, utilizamos as cores.

Pré-Processamento de Imagens em Robôs

OBJETIVO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender como funciona a etapa de pré-processamento de imagens por robôs. Isso será muito importante, já que essa etapa corrige muitos defeitos básicos da imagem, que foram obtidos na sua aquisição e digitalização.

E então? Motivado para desenvolver esta competência? Vamos lá. Avante!

Introdução

Para lembrar, sabemos que a visão robótica é dividida em algumas etapas, entre elas:

1. Aquisição e digitalização da imagem.
2. Pré-processamento de imagens.
3. Posição, orientação e reconhecimento de objetos por robôs.

Pré-processamento de imagens

Passadas as etapas de aquisição e digitalização, agora vamos focar em seu pré-processamento.

Por definição, temos que o pré-processamento de uma imagem, por robô, tem como a principal função a melhora da imagem obtida na etapa anterior. Essa melhoria acaba provocando a diminuição de algumas dificuldades que podem ser encontradas mais à frente (VIANNA, 2009).

Dessa forma, ocorre o que chamamos de "melhoramento de imagens", o que pode ser percebido na Figura 16.

Figura 16 – Ilustração do melhoramento de imagens

Fonte: Wikimedia Commons.

É valido ressaltar que, neste Capítulo, utilizaremos algumas imagens que terão o intuito de mostrar, de forma mais clara, como acontecem os processos de pré-processamento, não sendo necessário mostrar como a imagem é fabricada pelo robô.

VOCÊ SABIA?

Você sabia que a etapa de pré-processamento funciona como se fosse o Photoshop da imagem? Isso porque o robô consegue melhorar a imagem que foi obtida com algumas ferramentas, como se fosse uma pessoa tentando editar uma foto para postar em suas redes sociais.

As técnicas de pré-processamento podem ser divididas em categorias. Existem as categorias que trabalham com o domínio espacial e as que trabalham com o domínio de frequência. Vamos analisá-las separadamente.

1. Domínio espacial:

As técnicas de domínio espacial trabalham com filtros que modificam o plano da imagem capturada.

2. Domínio de frequência:

As técnicas de domínio de frequência trabalham com filtros que atuam sobre o espectro da ilustração capturada.

Na maioria das vezes, é utilizado mais de um tipo dessas técnicas, que podem ser trabalhadas conjuntamente para obter resultados mais satisfatórios.

EXEMPLO:

Para melhorar uma imagem, por exemplo, podemos utilizar alguns dos dois tipos de domínio, como a aplicação de filtros, a redução de ruídos, realçar a imagem, controlar os efeitos de bordas, entre outras alterações.

Existem diversas ferramentas muito importantes para fazer essa melhoria de imagens, e uma delas é o histograma.

- Histograma:

O histograma consegue informar a frequência de uma determinada tonalidade ou cor utilizada na imagem. Com isso, você consegue interpretar como a iluminação e o contraste estão sendo realizados naquela imagem, e com isso, melhorá-la.

O histograma pode ser representado por uma função discreta, do tipo:

$$P(k) = nk / n \qquad (1)$$

N = quantidade de *pixels* na imagem.

K = níveis de luminância discretos.

Com isso, podemos resumir que: o histograma de uma imagem representa a contagem dos níveis da cor cinza na imagem captada, que pode informar a distribuição dos *pixels* dentro dos vários níveis possíveis.

IMPORTANTE:

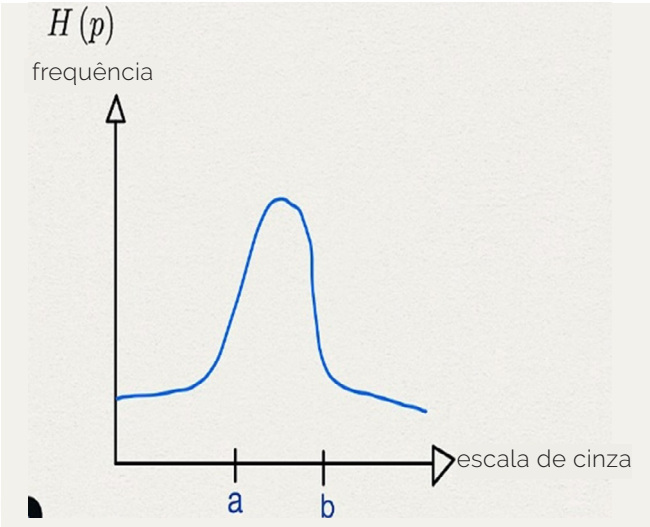
Os histogramas podem ser de dois tipos: bimodal e multimodal. O primeiro, como o próprio nome sugere, apresenta dois picos máximos, ou seja, duas regiões com uma alta incidência de *pixels*. Nesse formato, as imagens digitais conseguem apresentar os objetos e o fundo de forma bastante precisa.

Já o tipo de histograma multimodal tem os picos em mais de duas regiões, diferentemente do anterior.

Podemos alterar o contraste, pois, na maioria das vezes, o aumento do contraste significa uma melhora da qualidade, mas toda regra possui as suas exceções, não é mesmo?

Essa parte de contraste também facilita a etapa posterior ao pré-processamento, que é a segmentação, isto é, separa o que é o objeto que está sendo verificado e o seu fundo, que não é muito relevante para a análise. Agora, vamos analisar um histograma simples, explicitando as suas características.

Figura 17 – Ilustração do histograma da cor cinza (Grayscale)



Fonte: Wikimedia Commons.

A análise do histograma, por a maior parte das escalas de cinza estarem localizadas no centro do gráfico, indicam que há um baixo contraste na imagem. Se, caso, essa concentração de *pixels* estivesse localizada antes do ponto *a*, indicaria uma imagem pouco iluminada, com tonalidade escura. Se estivesse depois do ponto *b*, teríamos uma imagem com grande iluminação.

- Operações pontuais e operações algébricas:

Além do histograma, temos as operações pontuais e as operações algébricas, para modificar a imagem.

A operação pontual é dita como simples, pois atua de forma específica, ou seja, ela pega uma imagem como entrada e converte em outra, como saída. Como o trabalho dela é pontual, ela depende da cor apenas daquele ponto específico, não dependendo de outros.

Podemos dizer que a nova imagem (b) é gerada a partir da antiga (a). Traduzindo para a matemática, temos:

$$F[A(x,y)] = B(x,y) \qquad (2)$$

Dessa forma, temos que f é uma função linear, do tipo:

$$f(x) = ax + b \qquad (3)$$

A partir disso, como a função é linear, ela chamada de "operações lineares sobres pontos específicos" e, por isso, as suas variáveis têm características específicas, entre elas:

- O contraste diminui quando $a < 1$, e aumenta quando ocorre o inverso, ou seja, $a > 1$.
- Quando $a = 1$ e $b = 0$, a imagem não é modificada.
- Quando $a = 1$ e $b \neq 0$, a imagem pode ser clareada ou escurecida.
- Quando $a < 0$ inverte as cores, chamamos de "negativo".

Esses parâmetros pontuais podem adicionar contornos nas figuras obtidas, bem como pode ocorrer a limiarização, que é a divisão da figura em regiões diferentes com base na tonalidade da cor cinza, definindo divisões, as chamadas "regiões de fronteiras".

As operações algébricas conseguem conciliar mais de duas imagens ao mesmo tempo. Ela pegas as imagens que serão utilizadas ponto por ponto e, posteriormente, realizam uma operação matemática. Isso quer dizer que, dependendo do objetivo, pode ser adicionado, subtraído, multiplicado ou dividido, com base nos objetivos.

EXEMPLO:

Caso tivéssemos uma imagem com ruídos – que poderia ser feito com as operações algébricas seria a adição de imagens –, o resultado seria a diminuição dos ruídos. Ainda, pode ser feita a sobreposição de uma imagem sobre a outra, ou seja, a colagem.

Caso seja necessário retirar um padrão da imagem, utilizamos a ferramenta de subtração. Esse padrão pode ser utilizado, também, caso seja utilizada uma imagem móvel.

Já a operação de multiplicação pode ser aplicada quando se deseja borrar alguma parte da imagem.

- Iluminação:

A correção da iluminação ajuda bastante as imagens, podendo ser analisada pelo histograma. Quando o local em que vai ser analisado determinado objeto, ou será realizado algum tipo de serviço, está bem iluminado, facilita o pré-processamento das imagens, já que não precisará fazer tantas alterações posteriormente.

Uma iluminação na medida certa já descarta alterações como: correção de cor, sombra, perda de detalhes, algoritmos, contraste desregulado, entre outros problemas.

Na visão robótica existem alguns tipos de iluminação que são mais utilizadas, entre elas, podemos citar iluminação difusa, estruturada e *backlight*.

1. Iluminação difusa:

A iluminação difusa tem alguns raios de luz que são incididos sobre a cena ou sobre os objetos em diversas direções. O ambiente provoca muitas reflexões, já que são utilizados muitos feixes em várias direções.

Da mesma forma, ocorre a formação de muitas sombras. Entretanto, a vantagem desse tipo de iluminação é a boa visualização da superfície dos objetos em questão.

Figura 18 – Ilustração de uma fotografia utilizado uma iluminação difusa

Fonte: Wikimedia Commons.

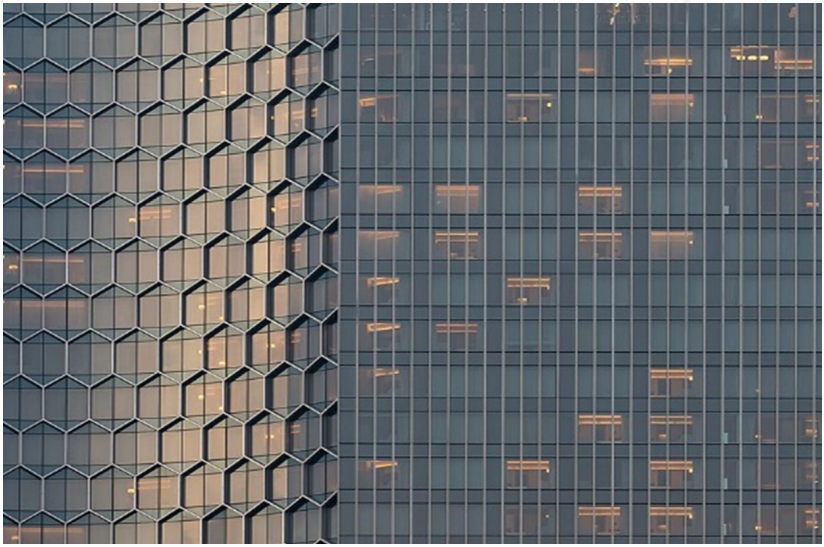
2. Iluminação estruturada:

A iluminação estruturada pode ser obtida por mais de uma forma, entre elas, podemos citar a utilização de um padrão entre a emissão de luz e o objeto, ou o uso de fontes de emissão de luz com feixes paralelos.

Diferentemente do primeiro tipo de iluminação apresentada, aqui conseguimos ter uma análise mais tridimensional do objeto, ao contrário da anterior, que era só a varredura.

Ela altera as formas das linhas paralelas, o que fornece a sensação de profundidade. E, de certa forma, esta possibilita conhecer a altura da peça em questão.

Figura 19 – Ilustração da iluminação estruturada



Fonte: Wikimedia Commons.

Podemos perceber na Figura 19 a forma como a luz é incidida sobre o objeto e a forma como visualizamos. Na primeira parte da fotografia, conseguimos observar a dimensão do objeto, diferentemente da segunda parte, que parece ser uma imagem bidimensional.

3. Iluminação ***backlight***:

Esse último tipo de iluminação, como pode ser traduzido para o português, ***back*** = atrás, a luz é colocada por trás da cena, ou por baixo, dependendo do desejo do operador. Isso representa uma cena com um alto contraste envolvido, de elevado processamento e robustez.

A utilização desse tipo de iluminação se dá quando o robô pretende conhecer a forma do objeto, ou seja, o seu contorno, além de características mais específicas, como a área, o comprimento, o perímetro, entre outros.

Figura 20 – Ilustração da iluminação *backlight*

Fonte: Wikimedia Commons.

Filtros:

A etapa de pré-processamento, muitas vezes, exige a utilização de filtros para o aprimoramento das imagens. Estes conseguem eliminar muitos ruídos, por meio da filtragem da imagem.

Eles têm propriedades como: filtragem linear e não linear, suavizar as bordas, aguçar as bordas, equalização do histograma, entre outras.

Entre os filtros que são mais utilizados na visão robótica, podemos destacar os da moda, média e mediana, todos são utilizados para suavizar a imagem.

Figura 21 – Ilustração de imagem após tratamento com filtro

Fonte: Wikimedia Commons.

- Filtragem espacial:

A imagens têm áreas com distintas respostas espectrais, sendo delimitas por partes mais estreitas, as bordas. Estas dispõem de limites, o que faz diferenciar as partes que contém a imagem, por exemplo, dois objetos distintos. Isso pode representar o contato entre dois objetos, entre o objeto e a cena, entre outras características.

As bordas possuem algumas peculiaridades, que irão depender das condições impostas, como a iluminação, os ângulos entre a luz projetada, ou seja, a incidida e o objeto.

As bordas acabam representando as diferenças perceptíveis na escala de cinza, que diferenciam muito de tonalidade. Por causa disso conseguimos observar os objetos distintamente.

Essas localizações de alta frequência dizem respeito às diferenças entre faixas mais iluminadas e menos iluminadas, as sombras, as redes naturais e as redes artificiais, entre outras.

Já as regiões que não têm essa distinção tão exacerbada, são ditas como homogêneas ou uniformes, sendo chamadas de "regiões de baixa frequência".

Diferentemente do método pontual, a região de bordas precisa analisar todo o contexto ao seu redor, para que a tonalidade não fique parecida com alguma região do seu entorno.

RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que a visão robótica tem vária etapas. Estamos na segunda etapa, chamada "pré-processamento". Esta pode ser considerada como se fosse uma pessoa tentando aplicar o Photoshop em uma determinada imagem para postar em suas redes sociais. Da mesma forma, um computador irá trabalhar com as suas especificações para conseguir fazer modificações na imagem, com o intuito de garantir uma melhor qualidade. Você deve lembrar que as técnicas de pré-processamento podem ser divididas em categorias, como o domínio espacial, que modificam o plano da imagem capturada, e o domínio de frequência, que atuam sobre o espectro da ilustração. Na maioria das vezes, é utilizado mais de um tipo dessas técnicas, que podem ser trabalhadas conjuntamente para obter resultados mais satisfatórios. Existem diversas ferramentas muito importantes para fazer essa melhoria de imagens, e uma delas é o histograma, o qual consegue informar a frequência de uma determinada tonalidade ou cor utilizada na imagem. Além disso, há as operações pontuais e as operações algébricas, para modificar a imagem. A iluminação também é importante, já que a iluminação, na medida certa, descarta alterações como: correção de cor, sombra, perda de detalhes, algoritmos, contraste desregulado, entre outros problemas. Na visão robótica, existem alguns tipos de iluminação que são mais utilizadas, entre elas, podemos citar: a iluminação difusa, estruturada e a *backlight*. A etapa de pré-processamento, muitas vezes, exige a utilização de filtros para o aprimoramento das imagens. Estes conseguem eliminar muitos ruídos, por meio da filtragem da imagem.

Posição, Orientação e Reconhecimento de Objetos por Robôs

OBJETIVO:

Ao término deste capítulo, você será capaz de entender a etapa final do sistema de visão robótica, entendendo o que é a extração de informações e o reconhecimento de objetos por robôs. Dessa forma, iremos concluir como essa importante ferramenta de controle potencializa os processos realizados pelos robôs nas indústrias.

E então? Motivado para desenvolver esta competência? Vamos lá. Avante!

Introdução

Caro aluno, agora entraremos no último tópico do nosso conteúdo sobre visão robótica. Vale ressaltar que esse sistema é dividido em várias etapas.

Para finalizarmos a Unidade sabendo tudo sobre a visão robótica, estudaremos as últimas etapas desse processo: a extração de características e o reconhecimento dos objetos pelos robôs, que podem ser chamadas de "pós-processamento". Vamos lá?

Extração de características

Caro aluno, visando proceder uma sequência do nosso raciocínio, vamos relembrar de forma rápida o que já vimos, para que o estudo fique mais fluído.

Um breve resumo:

A etapa de aquisição da imagem consiste no processo de conseguir a imagem, o que pode acontecer de diversas formas. Posteriormente, temos a digitalização dela, ou seja, pegar essa imagem e colocar nos moldes que o robô reconheça, o que, geralmente, ocorre por algum tipo de conversão. Depois, a imagem é pré-processada, o que ocorre

como um efeito de edição. Em seguida, é segmentada, ou seja, são atribuídos efeitos de borda para conseguir uma melhor visualização dos objetos da cena. Agora, entraremos nas etapas seguintes: a extração de características e a detecção de objetos pelos robôs.

Por definição, temos que a etapa de extração de características consiste em identificar algumas características que são singulares de um determinado objeto ou serviço, para que ele seja destacado ao analisar a cena como um todo, ou seja, na visão robótica, como são vistos muitos objetos ao mesmo tempo, acaba que o robô precisa conseguir extrair a maior parte de informações sobre determinada coisa, de acordo com o seu objetivo.

VOCÊ SABIA?

Você sabia que a etapa de extração de características é uma das partes mais importantes do sistema de visão robótica? Isso acontece porque vai ser nessa parte que a máquina vai conseguir retirar as informações necessárias para realizar o trabalho final. Além disso, qualquer erro cometido aqui, comprometerá o resultado.

Essas caraterísticas que têm de ser extraídas devem se diferenciar das demais, para que o objetivo seja alcançado. Isso é primordial no nosso estudo, já que ela corrige os principais defeitos e imperfeições que são originados na etapa de segmentação, isto é, na etapa anterior a que estamos agora.

Algumas características que são muito importantes de serem extraídas, para facilitar a visualização, é o conhecimento da área do objeto, do centro e de momentos da imagem.

Para isso acontecer, é válido lembrar que as características que devem ser extraídas não podem depender da orientação, da posição do objeto e da escala que estiver sendo utilizada.

Isso não pode acontecer pelo fato de a máquina não conseguir distinguir um objeto em uma determinada posição.

De forma mais prática, se o objeto estiver em uma determinada posição, orientação ou escala, o robô pode extrair um tipo de informação e, se estiver em outra posição, o robô pode reconhecer aquilo como se fosse algo distinto, o que causa falhas no processo.

Existe uma etapa bastante importante para a extração de informações: a rotulação ou labelização.

- Rotulação:

A rotulação é uma etapa que fica no meio da extração de informações, ou seja, uma etapa intermediária. Isso acontece porque, após a etapa de segmentação, com a distinção do objeto que se deseja analisar e o seu fundo, as regiões de interesse estão diferenciadas pelo fato de estarem agrupadas. Despois dessa separação em classe, é necessário rotular cada um desses grupos de *pixels*.

Essa rotulação tem a ver com a identificação deles, para, depois, conseguir parametrizar os dados, de forma mais organizada, calculando por meio de parâmetros específicos a imagem analisada, de modo a concentrar as informações.

De forma mais simplificada, o objeto em questão analisado é dividido em algumas partes que têm características em comum, em que são aplicadas algumas definições distintas, dependendo do que se pretende fazer com aquela área ou perímetro.

Além disso, existem os atributos da imagem.

✓ Atributos da imagem:

Os atributos da imagem são classes de medidas, que podem ser subdivididas em duas classes menores: a de um todo e a de região.

1. Atributos de imagem como um todo: esse procedimento pega uma parte maior, como a quantidade de objetos visualizados, a área total, entre outros.
2. Atributos de imagem por região: diferentemente do anterior, aqui se trabalha com coisas menores, chamadas de "regiões". Essas

regiões podem ser o perímetro, a forma etc. Além disso, eles são muito mais específicos e sofisticados, já que conseguimos distinguir com mais facilidade os objetos das características ao seu redor.

Para a extração das características, uma informação muito importante pode ser retirada por meio da utilização da função densidade da imagem (f(x,y)).

- Densidade:

Essa função consiste no processo de transferir as funções contínuas em discretas, o que recebe o nome de "discretização". Esse processo ocorre nos moldes de zero, se o *pixel* for do fundo da imagem, e um, se o *pixel* for do objeto (TRABASSO; AUMOND, 1996).

Além da densidade, existem outras expressões no ramo matemático e físico, que conseguem ajudar na extração de características da peça em questão, entre elas: a área, o momento e o centro de área.

- Área:

Nas imagens digitais, a área é extraída por meio de uma integral dupla da função densidade.

Essa integral é feita por meio dos cálculos dos dois eixos da imagem bidimensional, os eixos cartesianos e ordenados, para que todos os *pixels* presentes estejam compreendidos dentro do estudo.

O cálculo da área pode ser dado por:

$$\text{Área} = \sum_{x=0}^{N-1} 1 \sum_{y=0}^{M-1} f(x,y) \qquad (4)$$

- Momento:

O momento é definido como sendo as características dadas por funções não lineares, que são aplicadas às imagens binárias.

Dessa forma, os seus números ou valores continuam constantes em relação à posição, rotação e escala, ou seja, não podem variar. Ela

pode ser dada como uma função discretizada, também, sendo dada como um momento em duas dimensões, na ordem p + q, que é dada por:

$$\text{Momento} = \sum_{x=0}^{N-1} 1 \sum_{y=0}^{M-1} f(x,y)\, x^p y^q \qquad (5)$$

Os momentos, na imagem, podem ser obtidos por meio do cálculo em relação às coordenadas espaciais, bem como ao seu centro de área.

- Centro de área:

O centro de área, também conhecido como "centro de massa de um objeto de duas dimensões", é o ponto em que é concentrada toda a massa do objeto. Para que isso ocorra, não deve suceder nenhuma mudança no primeiro momento do objeto em relação a um eixo qualquer (HORN, 1986).

O centro de massa deve ser calculado para os dois eixos, o *x* e o *y*, como pode ser observado a seguir:

$$\text{Centro de massa do eixo x} = \frac{m10}{m00} \qquad (6)$$

$$\text{Centro de massa do eixo y} = \frac{m01}{m00} \qquad (7)$$

Reconhecimento de objetos

Agora, iremos adentrar na última etapa do sistema de visão robótica: o reconhecimento de objetos.

O reconhecimento dos objetos, como o próprio nome sugere, compara as características extraídas da imagem, com as informações e os atributos que o computador tem em seu sistema.

Esse processo ocorre com a utilização de sistemas matemáticos, ou seja, os estatísticos, ou utilizado o método das redes neurais.

Esse reconhecimento identifica e reconhece, de forma única, para que esse objeto não seja confundido com outro. A partir disso, esses objetos são classificados de forma definida, em classes.

Quando utilizamos a análise estatística para classificar duas classes de objetos, temos que esse objeto faz parte da classe *i*, se a seguinte equação for satisfeita.

$$p(x/Ci) > p(x/Cj) \ \forall \ i \neq j \qquad (8)$$

Em que:

- p(x/Ci) = distribuição da probabilidade do objeto pertencer à classe ***i***.
- p(x/Cj) = distribuição da probabilidade do objeto pertencer à classe ***j***.

Existe a regra de decisão de Bayes, que consiste em que o limite de diferenciação entre um objeto que pertence à classe *i* e um da classe *j* é o ponto de intersecção entre as duas distribuições de probabilidades.

Além disso, pode ser aplicada a técnica do cálculo dos movimentos invariantes, para o reconhecimento de objetos. Com ela, podemos obter resultados satisfatórios para o cálculo dos momentos e problemas de classificação dos padrões, utilizando as redes neurais.

Esse reconhecimento ocorre de forma automática pela máquina, que já tem as configurações necessárias para a sua realização. Nesse reconhecimento das formas, são utilizados parâmetros provenientes das etapas de extração de atributos, realizada anteriormente, para construir um espaço de medidas com várias dimensões.

Existe, também, o sistema de aprendizado, com o objetivo de definir uma função discriminante para separar, de maneira precisa, as formas existentes nesse espaço analisado, que é chamado de "espaço de medidas".

Esse espaço de medidas tem várias dimensões, e cada uma delas é representada por um tipo de atributo ou parâmetro. Deve-se escolher esses atributos de acordo com o que se quer analisar.

Essa escolha pode ficar um pouco mais complexa quando se deseja colocar muitos atributos, o que aumenta, consequentemente, a dimensão do objeto, gerando uma difícil etapa de aprendizado.

Como a escolha de um pequeno espaço de medidas pode levar a uma baixa caracterização da forma, além de muitos erros nessa fase do

reconhecimento, o ideal é normalizar os eixos para construir um espaço bem distribuído, para, assim, facilitar a classificação.

O processo de aprendizado é conhecido, por muitos autores, em dois tipos: em métodos supervisionados e métodos não supervisionados.

1. Método supervisionado:

Nessa categoria, o classificador pega as informações de como as classes devem ser identificadas. Isso pode ser exemplificado da seguinte maneira: um sistema de reconhecimento de caracteres tem classes independentes para todas as letras do alfabeto.

De forma mais clara, uma determinada letra, a "B", terá uma classe que contém todas as variações da letra B. Dessa forma, o aprendizado diz respeito ao apresentar ao sistema os objetos de teste, que já são conhecidos, para definir uma função que os separe em classes singulares.

IMPORTANTE:

Esse nome supervisionado surge já que é observado por outro sistema de reconhecimento, que identificou anteriormente os objetos, de modo a construir corretamente o seu espaço de medida e a sua função discriminante.

Ao mesmo tempo, temos que mudar os atributos que formam o espaço de medida, para permitir um ajuste mais definido da função discriminante, para, assim, melhorar a sua eficiência e classificação. Depois disso, a função discriminante estará pronta para separar as muitas classes, o que pode demandar muito tempo e um elevado custo financeiro.

Dentro desse critério de supervisionada, ela ainda se subdivide em paramétricos e não paramétricos.

A classificação paramétrica diz respeito a uma grande quantidade de amostras rotuladas, para que, assim, possa estipular os parâmetros característicos de cada classe padrão. Alguns exemplos são a distância mínima e a máxima semelhança.

Já na classificação não paramétrica, os doados do conjunto não são considerados, apenas o ponto específico importa.

2. Método não supervisionado:

Nesse método, o classificador adquire os objetos desconhecidos e, com as medidas dos vários parâmetros que ele tem, irá tentar colocá-los nas classes existentes. Essa identificação das classes ocorre por agrupamentos, que são chamados de "*clusters* de objetos".

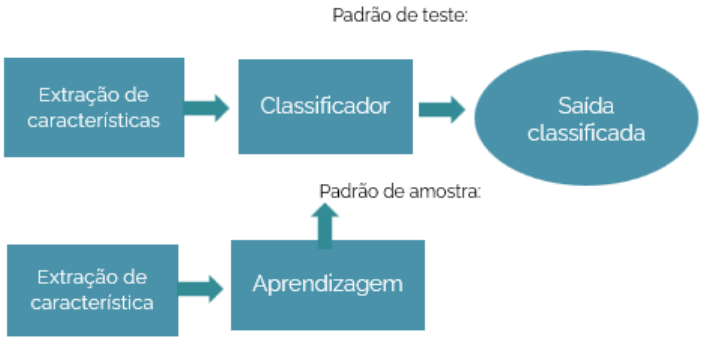
Os métodos de reconhecimentos de formas são vários, e muitos podem ser obtidos por meio da estatística, da linguagem básica e da técnica das distâncias entre os padrões e a imagem.

Além disso, esse reconhecimento do objeto é feito através de medições. Cada objeto específico contém as suas características próprias, sendo assim, têm os seus valores específicos e padronizados. Nesse viés, todos os objetos que forem considerados semelhante a ele, serão incluídos nessa classe.

Da mesma maneira, uma forma do objeto pode ser feita por meio das suas bordas. Além disso, podem ser utilizados outros atributos mais específicos, como as invariantes de momentos, os descritores de Fourier e os eixos medianos dos objetos.

De maneira geral, uma classificação pode ser obtida da seguinte forma:

Tabela 1 – Representação geral do processo de classificação



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Dessa forma, as informações serão obtidas de forma precisa, com as características necessárias para que os robôs consigam executar as tarefas que lhe são atribuídas, bem como os serviços.

Com essas informações, o ramo robótico consegue operar na indústria diversas funções, como a detecção de movimentos e de eventos, a organização da informação, a modelagem de objetos, ambientes e a interação com o ser humano.

VOCÊ SABIA?

É válido lembrar que tudo o que estudamos é o essencial para que um projeto possa potencializar os trabalhos no ramo robótico, mas, infelizmente, muitos dos processos desse sistema de visão robótica são negligenciados. Muitas vezes, pode acontecer pelo fato da negligência do operador ou programador, por pensar que tudo já está sob controle, e que as definições do sistema são óbvias.

Sendo assim, antes da sua utilização, são necessários alguns requisitos mínimos para que o funcionamento do sistema ocorra da forma prevista. Nessa especificação, temos que nos atentar ao seguinte:

- Uma descrição geral do sistema, de forma bem detalhada, para que nenhuma informação passe despercebida.
- E que se espera como resultado a utilização do sistema.
- Descrição dos objetos ou do serviço que será trabalhado.
- As exigências de performance.
- Um estudo sobre a ótica.
- Estudo do ambiente em que será realizado o trabalho.
- Entender o equipamento.
- Necessidade de suporte técnico.

Dessa forma, o projeto do sistema de visão robótica estará pronto para ser utilizado.

RESUMINDO:

E então? Gostou do que lhe mostramos? Aprendeu mesmo tudinho? Agora, só para termos certeza de que você realmente entendeu o tema de estudo deste capítulo, vamos resumir tudo o que vimos. Você deve ter aprendido que depois da etapa de pré-processamento, a imagem passa pelas fases de extração de informações e reconhecimento de objetos. A extração de informações consiste em identificar algumas características que são singulares de um determinado objeto ou serviço, para que ele se destaque quando analisada a cena como um todo. Para isso acontecer, é válido lembrar que as características que devem ser extraídas não podem depender da orientação, da posição do objeto e da escala que estiver sendo utilizada. Existem diversas etapas na extração de informações, como a rotulação ou labelização, que consiste em, após a etapa de segmentação, com a distinção do objeto que se deseja analisar e o seu fundo, as regiões de interesse estão diferenciadas pelo fato de estarem agrupadas. Depois dessa separação em classe, é necessário rotular cada um desses grupos de *pixels*. Outra característica são os atributos da imagem, que são classes de medidas, as quais podem ser subdivididas em duas classes menores: a de um todo e a de região. Ademais, a densidade, que transfere as funções contínuas em discretas, recebe o nome de "discretizarão". Além dessas características, temos a área, o momento e o centro de área. Você deve lembrar, também, que o reconhecimento dos objetos, como o próprio nome sugere, compara as características extraídas da imagem, com as informações e características que o computador tem em seu sistema. Esse reconhecimento ocorre de forma automática pela máquina, que já possui as configurações necessárias para a sua realização. Nesse reconhecimento das formas, são utilizados parâmetros provenientes das etapas de extração de atributos, realizada anteriormente, para construir um espaço de medidas com várias dimensões. Existe, também, o sistema de aprendizado, com o objetivo de definir uma função discriminante para separar, de maneira precisa, as formas existentes nesse espaço analisado, que é chamado de "espaço de medidas".

REFERÊNCIAS

FU, K. S.; GONZALEZ, R.; LEE, G. **Robotics**: control, sensing, vision and intelligence. Singapore: McGraw Hill, 1987.

HORN, B. K. P. **Robot vision**. Massachusetts: MIT Press, 1986.

SISTEMA de visão robô. [*S. l.*: *s. n.*], 2011. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal Sesi. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=QmgH-h40Yyw&ab_channel=SESI. Acesso em: 17 maio 2022.

TRABASSO, L.; AUMOND, B. Automatic visual pattern recognition for robotic tasks based on invariant image attributes using an artificial neural network. International. **Conference on Mechatronics and Machine Vision**, Portugal, v. 4, n. 3, p. 303-308, 1996.

TRUCCO, E.; VERRI, A. **Introductory technique for 3D computer vision**. United States of America: Prentice Hall, 1998.

VIANNA, M. E. **Calibração de sistemas de visão computacional para aplicação em automação e robótica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.