

Modelagem por redes (grafos) e técnicas de reconhecimento de padrões: estrutura, dinâmica e aplicações

Roberto M. Cesar-Jr (IME-USP, Coordenador)
Junior Barrera (IME-USP, Pesquisador principal)
Luciano da F. Costa (IFSC-USP, Pesquisador principal)

A ÁREA de reconhecimento de padrões trata da classificação de elementos a partir de medidas extraídas de tais elementos. Trata-se de uma área de pesquisa com aplicações extremamente variadas como análise de imagens, reconhecimento de áudio ou identificação de genes responsáveis por determinadas doenças. Dentre os desafios enfrentados atualmente pela pesquisa em reconhecimento de padrões, cabe ressaltar três linhas fundamentais: (a) problemas em que elementos devem ser descritos estruturalmente através de uma rede ¹ indicando conexões entre tais elementos; (b) problemas apresentando a evolução da informação ao longo de alguma variável independente (e.g. tempo, no caso de seqüências de vídeo); (c) problemas que incluem ambos aspectos, i.e. uma rede de elementos cuja dinâmica evolui ao longo de alguma variável independente. O presente projeto temático, congregando os grupos de visão do IME-USP e IFSC-USP, além de pesquisadores colaboradores de outras instituições, prevê o estudo, desenvolvimento e aplicação de técnicas de reconhecimento de padrões com esses três itens formando o tema de integração da pesquisa. Além da área de reconhecimento de padrões, o projeto inclui técnicas e problemas de visão computacional, processamento de imagens e de sinais e bioinformática, todas sendo áreas de trabalho dos pesquisadores proponentes.

As atividades de pesquisa irão abordar aspectos de reconhecimento de padrões e de redes em duas direções: (1) utilização de técnicas de reconhecimento de padrões para auxiliar na análise de redes em aplicações específicas; (2) desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões baseadas em redes. Esta linha de pesquisa incluirá a utilização de grafos em reconhecimento estrutural de padrões e raciocínio espacial, importantes áreas de pesquisa atuais em visão computacional e inteligência artificial. Os métodos em tais abordagens são marcados pelo fato que a tarefa de reconhecimento não trata apenas os objetos em uma imagem, mas igualmente as relações entre tais objetos. Parte da importância da utilização dessas relações advém do fato que tais relações são frequentemente mais estáveis nas cenas que muitas propriedades dos objetos em si. Em particular, pretende-se explorar técnicas que descrevem a estrutura dos elementos em imagens através de grafos. Nesse caso, a rede é formada por

¹O termo *rede* é usado neste documento no sentido genérico, como em "redes de neurônios" ou "redes de genes".

elementos de uma imagem cujos arcos representam relações entre tais elementos. Por exemplo, no caso de reconhecimento de faces, os elementos consistem em características faciais (pupilas, narinas, boca, etc) e algumas relações possíveis são do tipo "pupila abaixo da sobrancelha", e "olhos acima da boca".

A segunda linha de ação do projeto trata de reconhecimento de padrões aplicado a problemas envolvendo dinâmica, ou seja, desenvolvimento ao longo de alguma variável independente. Por exemplo, uma das áreas que serão cobertas no desenvolvimento do projeto é a análise de vídeo digital, em que a informação visual evolui em função do tempo.

Finalmente, problemas que incluem redes e dinâmica são considerados os mais difíceis, ou seja, problemas modelados por uma rede de elementos de interesse cujo comportamento evolui com o tempo. Um exemplo importante ocorre em bioinformática com as chamadas redes de genes. Nesse caso, os genes são modelados por uma rede em que as ligações representam a capacidade de um gene influenciar o comportamento de um outro. A dinâmica de tal rede nasce da evolução do comportamento dos genes na medida que o tempo (ou alguma outra variável) progride. Para ilustrar esses conceitos com um exemplo concreto, pode-se considerar a representação estrutural de padrões em seqüências de vídeo, um dos sub-projetos descritos neste documento. Nesse problema, o objeto de interesse é representado estruturalmente por um grafo em que seus diferentes elementos são associados a nós. A relação espacial entre esses elementos é representada nos arcos que ligam os diferentes elementos. Se o objeto de interesse mudar ao longo da seqüência de vídeo, as relações espaciais entre seus elementos podem modificar-se, levando a uma transformação estrutural ao longo do tempo.

As técnicas desenvolvidas serão aplicadas na resolução de problemas nas duas principais áreas de pesquisa dos pesquisadores principais: visão computacional e biologia computacional (bioinformática). Em relação à visão computacional, as seguintes aplicações serão abordadas: (1) Processamento de imagens por w-operadores; (2) Análise de vídeo digital para rastreamento, segmentação e reconhecimento; (3) Classificação de formas e reconhecimento estrutural de padrões; (4) Análise de estruturas de ramificação formando redes. Em relação à biologia computacional, as seguintes aplicações serão abordadas: (1) Identificação de redes de dependência gênica; (2) Aplicação de técnicas de processamento multiescala de sinais e de reconhecimento de padrões em problemas de classificação em bioinformática (por ex. seleção de genes que permitem a distinção entre diferentes estados biológicos).

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de técnicas de caracterização e reconhecimento de padrões através de métodos que exploram a estrutura em rede, a dinâmica ou ambos aspectos em cada problema considerado. Objetivos específicos serão buscados em cada sub-projeto apresentado no texto completo do projeto, justificados pela importância intrínseca de cada um. Cabe ressaltar que, além do desenvolvimento particular de cada sub-projeto, serão buscados pontos de integração e generalização entre conceitos e métodos criados especificamente para os sub-projetos.

Os objetivos diretamente relacionados aos sub-projetos que compõem este documento são:

- Desenvolvimento de conceitos e algoritmos para reconhecimento estrutural de padrões em conjunto com análise de formas;

- Desenvolvimento de conceitos e algoritmos para reconhecimento de padrões dinâmicos (i.e. que evoluem ao longo de alguma variável independente);
- Desenvolvimento e aprimoramento das técnicas de análise de estruturas de ramificação em imagens estáticas e dinâmicas;
- Desenvolvimento de métodos para análise multiescala de formas em múltiplas dimensões (2D, 3D, 4D);
- Desenvolvimento de métodos de reconhecimento estrutural de faces (estáticas e dinâmicas);
- Desenvolvimento e aplicação de métodos de seleção de características (redução de dimensionalidade);
- Exploração de métodos biologicamente inspirados (por exemplo, transformada de Fourier-Bessel);
- Aplicação e validação das técnicas desenvolvidas em problemas de visão computacional e de biologia computacional.