

# Software de Auxílio no Reconhecimento de Padrões em Animais de Laboratório utilizando Cadeias de Códigos

Wesley N. Gonçalves, Jonathan de A. Silva, Bruno B. Machado,  
Danielle P. de Ruchkys, Hemerson Pistori

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Engenharia e Computação (GPEC)  
Universidade Católica Dom Bosco (UCDB),  
Av. Tamandaré, 6000, Jardim Seminário,  
Campo Grande, MS, Brasil, 79117-900

{wnunes, jsilva, bmachado}@acad.ucdb.br, {danielle, pistori}@ec.ucdb.br

**Abstract.** *This paper presents a system that recognizes, using computer vision techniques, some behaviors related to the activity level of rodents. For this purpose, chain codes, representing the body outline of the rodent, are used. The ImageJ package is used for preprocessing the test images. The chain codes are then extracted using a class developed in Java and, from them, an automaton is built, with the aid of the MICAL library, which offers a variety of grammar inference algorithms. In the end, the automata generated by each technique are executed and tested. This way, the automata provides enough information to distinguish the behavior of the animals.*

**Resumo.** *Nesse artigo, através de imagens, são reconhecidos alguns comportamentos dos níveis de atividade de um roedor. Para isso, são utilizadas cadeias de códigos que representam o contorno corporal do roedor. O pacote ImageJ é utilizado para o pré-processamento das imagens teste. As cadeias de código são então extraídas através de uma classe desenvolvida em JAVA e, a partir delas, é construído um autômato, com a ajuda da biblioteca MICAL, que oferece vários algoritmos de inferência gramatical. Ao final, os autômatos gerados por cada técnica são executados e testados. Desse modo, o autômato fornece informações suficientes para distinguir os comportamentos dos animais.*

## 1. Introdução

O estudo do comportamento de animais é de suma importância para responder questões etológicas<sup>1</sup> básicas [Morrow-Tesch et al. 1998]. Além disso, um dos passos no desenvolvimento de novos fármacos ou terapias consiste na avaliação destes tratamentos sobre o comportamento de animais de laboratório, antes que eles sejam testados clinicamente em seres humanos. A observação do comportamento desses animais leva à extração de informações relacionadas, por exemplo, com a trajetória, velocidade e o tipo dos movimentos realizados. O reconhecimento de padrões pode ser utilizado para auxiliar nesse tipo de experimento. Um exemplo é o Campo Aberto [Eilam 2003], onde são realizados testes em animais (geralmente roedores) introduzidos em uma arena. A arena é geralmente uma área de forma circular, onde ocorrem os experimentos. No decorrer do

---

<sup>1</sup>Etologia é a ciência descritiva dos costumes e das tradições dos animais no seu ambiente natural.

experimento é feita a análise dos comportamentos apresentados pelo animal, que são considerados como um índice fundamental de seu comportamento geral.

No presente trabalho, o objetivo é também o reconhecimento de padrões aplicado a experimentos com animais de laboratório. Aqui serão reconhecidos alguns comportamentos dos níveis de atividade de um roedor, como por exemplo, a exploração vertical e a exploração horizontal. Para isso, serão utilizadas cadeias de códigos [Salem et al. 2005, Dukkipati and Brown ] que representam o contorno corporal do roedor. Essas cadeias são geradas e produzem um autômato através da inferência gramatical. Deste modo, o autômato fornece informações suficientes para distinguir os comportamentos dos animais.

Este artigo está estruturado em sete seções. A Seção 2 traz algumas informações sobre reconhecimento de padrões, citando alguns trabalhos correlatos. Na Seção 3, as cadeias de código são expostas, mostrando também alguns trabalhos usando esse tipo de técnica. Na Seção 4, são descritas as implementações e as ferramentas utilizadas para realização dos experimentos. Na Seção 5, os testes com imagens de camundongos são feitos. A Seção 6 apresenta os resultados obtidos. Por último, na Seção 7 são mostradas as conclusões e trabalhos futuros. O módulo desenvolvido juntamente com seus resultados serão disponibilizados, permitindo a integração com sistemas de reconhecimento de padrões aplicado a animais de laboratório.

## 2. Reconhecimento de Padrões

O reconhecimento de padrões é um processo para tomada de decisão, com o objetivo de classificar os objetos em um número de categorias ou classes. A capacidade de reconhecer padrões em uma imagem depende muito da quantidade de informações que se conhece de cada objeto [Iivarinen et al. 1997]. Logo, extrair características dos objetos é uma etapa fundamental em qualquer processo de reconhecimento, inclusive no processo com animais de laboratório. Há diferentes métodos para classificação desses objetos, como por exemplo os Métodos Sintáticos, que utilizam primitivas<sup>2</sup> para descrever os objetos, além de gramáticas e grafos para a classificação. Esse tipo de reconhecimento é útil para descrever padrões em imagens de duas dimensões que contenham informações estruturais [Lim et al. 1993]. A idéia geral é que uma imagem composta de conjuntos de padrões complexos pode ser descrita em padrões mais simples.

Em [Costa et al. 2002], os métodos sintáticos são classificados como Métodos Gráficos, que utilizam grafos ou árvores em suas representações e Métodos Gramaticais, que usam autômatos e análise gramatical. O trabalho [Polidorio and Borges 1997] propõe um método automático de reconhecimento de caracteres alfanuméricos de placas de veículos. [Lim et al. 1993] apresenta um método sintático para classificar objetos em movimento nos ambientes domésticos. Em [Costa et al. 2002] um novo método de reconhecimento, baseado em autômatos adaptativos é apresentado.

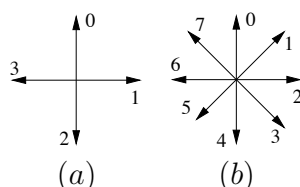
## 3. Cadeias de Código

Cadeia de códigos ou *chain codes* foi introduzida por Freeman [Salem et al. 2005]. É um método para representação de formas e objetos na imagem por uma seqüência de

---

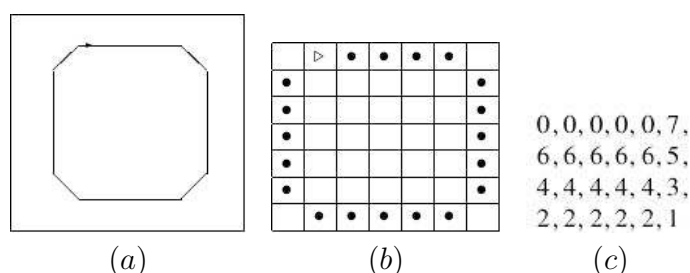
<sup>2</sup>São características básicas que descrevem um determinado padrão.

símbolos de um determinado tamanho e direção especificados [Dukkipati and Brown ]. Sua representação descreve a superfície de um objeto sem explicitamente descrever seu interior. Tipicamente são usados os conceitos de conectividade-de-4 ou de-8 segmentos como mostra a Figura 1 representando a direção de cada segmento que formará a cadeia de códigos [Gonzales and Wintz 1987].



**Figura 1. (a) Primitiva conectividade-de-4. (b) Primitiva conectividade-de-8.**

A cadeia de códigos representa a sequência de movimentos efetuados quando se transita de um pixel para o seguinte. Ela utiliza as primitivas estabelecidas na Figura 1, partindo de um ponto inicial e retornando ao mesmo ponto de origem. Um exemplo de uma cadeia de códigos extraída de um objeto, Figura 2(a) e Figura 2(b) em forma de matriz, é representada na Figura 2(c) utilizando o conceito de conectividade-de-8. O triângulo da Figura 2(a) representa o ponto inicial.



**Figura 2. (a) Exemplo de um objeto para extração da cadeia de códigos. (b) Matriz que representa o objeto. (c) Cadeia de códigos do objeto.**

A grande vantagem da cadeia de códigos é sua flexibilidade, podendo ser utilizada para descrever um conjunto amplo de objetos. Em contrapartida, qualquer pequena perturbação ao longo do contorno, devido a ruído ou mudanças causadas pela segmentação defeituosa, pode não ser corretamente relacionada à forma do objeto. Em [Costa et al. 2002] a técnica de cadeia de códigos é utilizada para representar as formas geométricas de quadrados e retângulos em uma imagem, utilizando o conceito de conectividade-de-4 para representar quadrados e conectividade-de-8 para representar triângulos. Em [Hoque et al. 2003] classifica-se os caracteres escritos à mão baseados em uma decomposição direcional da representação correspondente da cadeia de códigos de conectividade-de-8. Seu classificador é treinado pela cadeia de códigos que representa o contorno do caracter.

#### 4. Implementação

Foi utilizado o ImageJ<sup>3</sup> para o pré-processamento das imagens de teste. Esse pacote foi utilizado porque, além de ser livre, é constituído por fontes em linguagem Java.

<sup>3</sup><http://rsb.info.nih.gov/ij/>

Esse pacote possui como principal característica a disponibilidade de algoritmos para manipulação de imagens. Foram utilizados os plugins para binarização, operação morfológica, detecção de borda e esqueletização.

O principal resultado deste trabalho é uma classe implementada para a extração da cadeia de códigos. Essa classe recebe como parâmetro um conjunto de imagens. Em seguida, de cada imagem é extraída a cadeia de códigos correspondente, salvando-as em um arquivo texto. A classe é constituída por fontes na linguagem Java, visando a portabilidade. A biblioteca de inferência gramatical MICAL<sup>4</sup> também foi utilizada. Nela estão implementados os principais algoritmos de inferência gramatical. Os algoritmos recebem como parâmetro alguns exemplos positivos ou positivos e negativos (exemplos positivos são aqueles em cuja imagem o animal apresenta elevação vertical, e negativos caso contrário). A biblioteca fornece suporte aos algoritmos K-RI, K-TSSI e MGGI. A ferramenta JFLAP<sup>5</sup> *Java Formal Languages and Automata Package* foi utilizada na visualização e execução dos autômatos gerados.

## 5. Experimentos

Nesta seção, são descritos alguns experimentos, cujo objetivo é identificar o comportamento de camundongos em imagens. Esse comportamento é caracterizado pela elevação vertical do camundongo. Algumas imagens contendo amostras onde existe elevação e onde não existe elevação vertical do animal são mostradas na Figura 3 e Figura 4, respectivamente. A partir destes conjuntos de imagens é extraída a respectiva cadeia de códigos, utilizando as primitivas da Figura 1(b).



Figura 3. Amostras de imagens que apresentam elevação vertical do animal.



Figura 4. Amostras de imagens que não apresentam elevação vertical do animal.

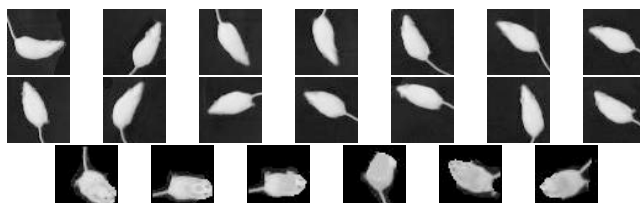


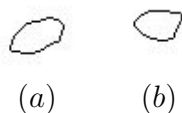
Figura 5. Exemplos das imagens de teste.

Para o experimento, foram utilizadas 20 amostras, mostradas na Figura 5. Cada uma dessas imagens foi submetida a um pré-processamento usando o ImageJ, passando

<sup>4</sup><http://www.lrde.epita.fr/cgi-bin/twiki/view/Projects/Mical>

<sup>5</sup><http://www.jflap.org/>

pelas fases de binarização, operação morfológica, detecção de borda e esqueletização. Na Figura 6 são mostradas duas imagens resultantes do pré-processamento. Para a imagem da segunda linha e terceira coluna da Figura 5 foi obtida a imagem pré-processada da Figura 6(a). Observe que essa é a imagem de um roedor sem elevação vertical. Para a imagem da terceira linha e terceira coluna da Figura 5 foi obtida a imagem pré-processada da Figura 6(b). Observe que essa é a imagem de um roedor com elevação vertical.



**Figura 6. Exemplo de imagens após pré-processamento**

A partir dessas imagens pré-processadas, foram extraídas cadeias de código, utilizando a classe implementada, principal resultado deste trabalho. Abaixo, vemos dois exemplos de cadeias de código geradas pelo programa. As cadeias (a) e (b) foram geradas a partir da Figura 6 (a) e (b), respectivamente.

- (a) 22232233344544544544566565656566666666766667001001011111122122221221
- (b) 2222222222232222234445454545445665666667666767677770011112121

As cadeias de códigos extraídas foram utilizadas para gerar autômatos de estados finitos através dos algoritmos de inferência K-RI, K-TSSI e MGGI, implementados na biblioteca MICAL. Esses autômatos devem ser capazes de reconhecer a linguagem que representa as cadeias de códigos positivas (que apresentam movimento vertical) e invalidar as cadeias de códigos negativas (que não apresentam movimento vertical). Na fase de testes foi utilizado o software JFlap para executar os autômatos. Os autômatos foram executados tomando como entrada as mesmas cadeias de código geradas pelo programa.

## 6. Resultados e Análise

Nesta Seção, encontram-se avaliações do desempenho dos algoritmos na classificação de padrões. Esses padrões são apresentados na Tabela 1, quantificados na maneira de acertos no reconhecimento de cadeias positivas e invalidação de cadeias negativas na classificação automática de cada um dos autômatos. Assim, foi calculado o percentual de acertos em relação ao total no conjunto de vinte amostras. Ainda na Tabela 1, são listados os algoritmos avaliados em quantidade de transições e estados gerados no reconhecimento de padrões. Nota-se o grande desempenho por parte do algoritmo K-RI, seguido pelo K-TSSI e pelo MGGI. Entretanto, o custo (em número de transições e quantidade de estados) dos algoritmos é inversamente proporcional ao seu desempenho.

## 7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O principal resultado deste trabalho é apoiar o uso de cadeias de código no reconhecimento de padrões, em especial para a aplicação em experimentos com animais de laboratório, e dar ênfase ao uso e produção de software livre. A aplicação do software desenvolvido aqui, combinada com outras técnicas e algoritmos, mostrou que a idéia inicial é factível e promissora. Temos, no caso aplicado com a ajuda do algoritmo K-RI, uma porcentagem de acerto de 95%. Porém, as experimentações mostraram que o número de

Algoritmo	Acertos da Classificação Automática	Percentual	Quantidade de Transições	Quantidade de Estados
MGGI	8	40	25	9
K-TSSI	14	70	63	26
K-RI	19	95	447	442

**Tabela 1. Avaliação da classificação automática e pela geração de transições e estados.**

acertos no reconhecimento da elevação vertical está diretamente ligado à quantidade de transições e estados. É importante agora expandir os testes utilizando amostras maiores e mais representativas, com diferentes camundongos e em ambientes diversos.

### Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio da Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, FUNDECT, e da Agência Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP. Alguns dos acadêmicos que participaram, direta ou indiretamente, na produção de resultados citados nesse artigo, receberam bolsas PIBIC/CNPQ.

### Referências

- Costa, E. R., Hirakawa, A. R., and Neto, J. J. (2002). An adaptive alternative for syntactic pattern recognition. In *Proceeding of 3rd International Symposium on Robotics and Automation, ISRA*, volume 1-4, pages 409–413.
- Dukkipati, P. and Brown, L. Improving the recognition of geometrical shapes in road signs by augmenting the database. In *Proceedings of ICCSA*.
- Eilam, D. (2003). Open-field behavior withstands drastic changes in arena size. *Behavioural Brain Research*, 142:53–62.
- Gonzales, R. C. and Wintz, P. (1987). *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA.
- Hoque, S., Sirlantzis, K., and Fairhurst, M. C. (2003). A new chain-code quantization approach enabling high performance. In *ICIDAR*. IEEE Computer Society.
- Iivarinen, J., Peura, M., Sarela, J., and Visa, A. (1997). Comparison of combined shape descriptors for irregular objects. In Clark, A. F., editor, *BMVC97*, volume II, pages 430–439.
- Lim, S. G., deSilva, C. J. S., and Alder, M. (1993). Syntactic pattern classification of moving objects in a domestic environment. Technical Report CP93-07.
- Morrow-Tesch, J., Dailey, J. W., and Jiang, H. (1998). A video data base system for studying animal behavior. *Journal of Animal Science*, 76(10):2605–2608.
- Polidorio, A. M. and Borges, D. L. (1997). Um método de reconhecimento sintático de caracteres para identificação de placas de veículos. In *Anais do SIBGRAPI*.
- Salem, A.-B. M., Sewisy, A. A., and Elyan, U. A. (2005). A vertex chain code approach for image recognition. *ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing*.