

Modelos Ocultos de Markov Aplicados na Identificação de Comportamento de Serpentes

Wesley Nunes Gonçalves¹

¹Grupo de Pesquisa em Engenharia e Computação
Universidade Católica Dom Bosco
Av. Tamandaré, 6000, Jardim Seminário
79117-900 Campo Grande, MS

1. Antecedentes e Justificativa

As serpentes foram sugeridas como um dos principais grupos para avaliar hipóteses ecológicas e evolucionárias (RIVAS; BURGHARDT, 2005). Além disso, esse grupo é um interessante e importante formador de venenos. Devido a esses motivos, o uso destes animais na pesquisa comportamental aumentou gradativamente nos últimos anos.

Uma grande quantidade de pesquisas com mamíferos com o propósito de melhorar o habitat foi conduzida. Entretanto, o habitat para répteis, em particular serpentes, foi ainda pouco explorado. Assim, a identificação de comportamentos de serpentes pode auxiliar a criação de cativeiros mais adequados às suas necessidades, pois na natureza identificar comportamentos e manipular serpentes pode ser muito complexo.

O comportamento da serpente é influenciado por diversos fatores, tal como temperatura, radiação solar, umidade e a estação. A habilidade de identificar e conseqüentemente prever a atividade apresentada pela serpente, exposta aos diferentes fatores e situações, pode dar-nos uma compreensão melhor de seu comportamento, bem como, realizar pesquisas mais confiáveis de novos fármacos constituídos do veneno das serpentes.

O veneno das serpentes é um importante componente no desenvolvimento de novos fármacos para seres humanos. Os venenos são usados freqüentemente como base para o desenvolvimento de diversos fármacos, tais como, fármacos para controle da hipertensão, analgésicos, anticoagulantes, entre outros.

A identificação comportamental de animais é realizada na maioria das vezes de forma manual, com o experimentador observando o animal e anotando a ocorrência de algum padrão de comportamento considerado importante. Essa observação pode ser realizada com um investimento relativamente baixo, mas pode ter sua precisão comprometida com a fadiga ou distração do observador. Quando há mais de um observador, pode ocorrer ainda, classificações diferentes para o mesmo comportamento apresentado pelo animal.

Na observação automatizada, proposta por esse trabalho, é possível registrar os comportamentos de forma confiável e consistente durante longos períodos de tempo. Este tipo de observação fornece uma significativa aceleração nos experimentos, não havendo a necessidade de se repetir os experimentos, pois todos os comportamentos estarão armazenados. Ainda é particularmente apropriada quando há necessidade de medidas exatas, como a distância utilizada para medir o nível de atividade da serpente, em que o observador humano é incapaz de estimar exatamente (SPINK et al., 2001).

Os comportamentos consistem em posturas e mudança de posturas no tempo, devido a essas mudanças, identificar os comportamentos é considerado complexo e um dos

fatores que limitam o desenvolvimento de ferramentas automáticas. Os modelos ocultos de Markov (THEODORIDIS; KOUTROUMBAS, 1999; FORSYTH; PONCE, 2002) tem a proposta de modelar essas mudanças no tempo através de probabilidades.

O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema que automaticamente identifique os movimentos dos animais, em específico de serpentes. Assim, a partir de um pequeno conjunto de treinamento etiquetados manualmente, o sistema poderá reconhecer comportamentos complexos utilizando um Modelo Oculto de Markov. O sistema será desenvolvido para que, com pequenos ajustes, possa ser utilizado para a identificação de comportamentos de diferentes animais.

O sistema será implementado utilizando a linguagem Java, por ser portátil entre sistemas operacionais, sendo por fim, integrado ao sistema Topolino. O sistema Topolino tem o propósito de automatizar o estudo do comportamento de animais utilizando técnicas de visão computacional. O sistema computadorizado será desenvolvido para rastrear os animais e identificar os comportamentos apresentados, auxiliando os pesquisadores em seus estudos.

Os experimentos serão realizados com imagens de serpentes capturadas de um laboratório de pesquisa. O laboratório é um serpentário, na qual as serpentes são mantidas em caixas individuais ou ambientes externos (e.g. cativeiros). As imagens utilizadas nos experimentos são obtidas de uma visão aérea do cativeiro contendo a serpente, simulando um habitat natural. Os resultados obtidos com os modelos ocultos de Markov serão comparados com outra técnica robusta, essa comparação é válida para comprovar a eficácia do método implementado.

2. Objetivos

2.1. Geral

Desenvolver um sistema baseado nos modelos ocultos de Markov, com programas-fontes livres, que seja capaz de reconhecer automaticamente o comportamento de uma serpente através das imagens digitais recebidas de um dispositivo de captura de imagens.

2.2. Específicos

1. Estudar os modelos ocultos de Markov e os principais algoritmos.
2. Criar um banco de imagens com exemplos de comportamentos.
3. Desenvolver um sistema para reconhecimento automático do comportamento animal utilizando modelos ocultos de Markov.
4. Integrar o sistema de classificação de comportamentos ao sistema Topolino.
5. Produzir material didático e de divulgação do ambiente computacional.

3. Revisão de Literatura

Abaixo uma pequena teoria dos modelos ocultos de Markov é apresentada, introduzindo as principais probabilidades utilizadas no modelo. Em seguida, os principais trabalhos correlatos em relação as diferentes aplicações dos modelos ocultos de Markov são expostos.

3.1. Teoria dos modelos ocultos de Markov

Um modelo oculto de Markov (Hidden Markov Models - HMM) pode ser descrito como um processo estocástico com pouca memória (FORSYTH; PONCE, 2002). Em um modelo de ordem n , o valor atual do processo é diretamente influenciado pelos n estados anteriores e não por toda a história de observações. A principal função de um HMM é modelar a probabilidade de uma sequência de observações.

Cada estado do HMM é modelado como um evento e há possíveis transições que descrevem a probabilidade de mover-se para um outro estado. Os Modelos de Markov são ditos ocultos porque os estados não são diretamente observáveis. Para cada estado existe a probabilidade de uma sequência de observações (DUDA; HART; STORK, 2000).

Um modelo oculto de Markov geralmente é representado por uma tripla:

$$\lambda = (\pi, A, B) \quad (1)$$

onde π é a distribuição inicial dos estados, A é uma matriz de probabilidade de transição e B é a matriz de probabilidades dos símbolos de observação.

Outras definições são necessárias para representar um HMM, como: N = número de estados, $S = (S_1, S_2, \dots, S_N)$ representando o conjunto de estados, M = número de observações possíveis, $V = (V_1, V_2, \dots, V_M)$ representando o conjunto de diferentes observações e q_t é um estado no instante t .

Cada elemento π_j é calculado através da probabilidade $P(q_1 = S_j)$, onde $1 \leq j \leq N$. Esses elementos representam a probabilidade do modelo iniciar no estado j .

Os elementos da matriz A , ou seja, cada A_{ij} , são calculados pela probabilidade $P(q_t = S_j | q_{t-1} = S_i)$, onde $1 \leq i, j \leq N$. Esses elementos representam a probabilidade do próximo estado ser S_j sabendo que o estado anterior era S_i .

Cada elemento da matriz B , $B_{j(k)}$ é calculado pela probabilidade $P(O_t = V_k | q_t = S_j)$, onde $1 \leq j \leq N \leq k \leq M$ e O_t é a observação no tempo t . Esses elementos representam a probabilidade da observação ser igual à V_k e ser gerada pelo estado S_j .

3.2. Aplicações dos modelos ocultos de Markov

Os modelos ocultos de Markov têm sido amplamente utilizados em diversas áreas, principalmente em sistemas para o reconhecimento de voz (RABINER, 1990) e textos manuscritos (HU; BROWN; TURIN, 1996). Em (HORNEGGER et al., 1994) o HMM é aplicado ao reconhecimento de objetos 2D em imagens. O HMM, juntamente com as características invariantes adquiridas dos objetos, foram testados em quatro diferentes classes. Para cada classe de objetos, um HMM é estimado com um conjunto de cinquenta imagens de treinamento. A classificação é realizada utilizando dez imagens para cada objeto, resultando em uma taxa de acerto de 75%.

Starner e Pentland (STARNER; PENTLAND, 1995) descrevem um sistema para reconhecimento de sentenças da língua americana de sinais utilizando HMM. A taxa de reconhecimento é de 99.2% para palavras, sem explicitamente modelar os dedos das mãos. No entanto, o conjunto de característica mostrou-se limitado, o sistema é treinado para esperar certos gestos em certas posições. Para corrigir esse problema Starner e Pentland (STARNER; PENTLAND, 1995) sugerem a utilização de posições no vetor de características.

Uma nova técnica para o reconhecimento de textos é apresentada em (AAS; EIKVIL; ANDERSEN, 1995). As características são extraídas de uma imagem em tons de cinza e um HMM é modelado para cada caracter. Durante o reconhecimento, a mais provável combinação de modelos é encontrado para cada palavra, pelo uso de programação dinâmica.

Em (NEFIAN; HAYES, 1998) é descrito um HMM para reconhecimento e detecção de faces. A imagem contendo a face é dividida em cinco blocos (cabelo, testa, olhos, nariz e boca), onde cada bloco é representado como um estado no HMM. Os vetores de características são obtidos de cada bloco utilizando o coeficiente da transformada de Karhunen-Loeve. A detecção é feita calculando-se a probabilidade dos dados de entrada com um dado modelo de face. Para detectar falsos alarmes, apenas probabilidades maiores que um limiar são reconhecidas como faces.

Os modelos ocultos de Markov são bastante utilizados para descrever uma sequência de padrões, como comportamentos. Em (FELDMAN; BALCH, 2003) um sistema de classificação de comportamentos dos animais é apresentado. Esse sistema usa um combinação de HMM e kNN para treinamento dos movimentos. O sistema foi avaliado em diversas trajetórias de abelhas extraídas de uma sequência de vídeo de 15 minutos. Os movimentos foram etiquetados manualmente e pelo sistema. O sistema desenvolvido foi capaz de etiquetar movimentos com uma exatidão de 81,5%.

O reconhecimento de complexos movimentos de objetos utilizando HMM é apresentado em (BASHIR; KHOKHAR; SCHONFELD, 2005). O modelo é construído baseado em análise de componentes principais (PCA). Os estados do HMM são representados por Misturas de Gaussianas e o modelo é automaticamente construído dos dados de treinamento. Os experimentos são executados em duas séries de dados. Uma série são imagens contendo sinais da língua australiana de sinais (ASL) contendo 207 trajetórias que descrevem três palavras. A outra série contém 108 trajetórias de atletas executando esportes. Os resultados chegaram a uma taxa de acerto de 90%.

Os diversos sistemas que fazem o uso de modelos ocultos de Markov para o reconhecimento de comportamentos apresentam bons resultados. Entretanto, a taxa de reconhecimento depende muito do conjunto de características visuais utilizadas e do número de estados do modelo.

Em (MONTERO; SUCAR, 2004) é realizada a análise de diferentes características no reconhecimento de gestos visuais produzidos pelas mãos. Os resultados obtidos mostram uma alta variação na taxa de reconhecimento, devido a combinação de diferentes características. As taxas de reconhecimento obtiveram uma variação de 50% até 97%. O melhor desempenho foi obtido pelo uso da magnitude e orientação em coordenadas polares e dez estados no modelo.

4. Metodologia

Será realizado um levantamento bibliográfico dos Modelos ocultos de Markov aplicados à identificação de comportamentos de animais para que o sistema seja desenvolvido.

O banco de imagens será constituídos de imagens capturadas em ambientes controlados e em ambientes naturais simulados através de um catifeiro. Todas as imagens capturadas serão manualmente etiquetadas por um especialista. Estas imagens servirão como base de treinamento e teste do sistema desenvolvido.

Para viabilizar o desenvolvimento do sistema em um curto espaço de tempo, serão reaproveitados alguns pacotes livres já existentes, como ImageJ, para processamento digital de sinais e o JMF, para manipulação de filmadoras digitais. O sistema será constituído de programas fontes na linguagem Java, o que facilitará a portabilidade do sistema. Por fim, o sistema será integrado ao projeto Topolino.

Os códigos desenvolvidos para o sistema estarão disponíveis livremente na internet através de um sistema de controle de versão SVN do grupo de pesquisa em engenharia de computação. O sistema poderá ser copiado e modificado por qualquer pessoa, utilizando assim a filosofia do software livre.

Seguem abaixo as etapas metodológicas relacionadas com cada um dos objetivos específicos.

1. Estudar os modelos ocultos de Markov e os principais algoritmos.
 - (a) Estudo dos conceitos fundamentais de probabilidade e estatística.
 - (b) Leitura de artigos relacionados ao HMM.
 - (c) Estudo dos algoritmos existentes.
 - (d) Avaliação das ferramentas disponíveis sobre HMM.
2. Criar um banco de imagens com exemplos de comportamentos.
 - (a) Entrevista com especialistas da área biológica com o objetivo de conhecer quais comportamentos são relevantes à pesquisa.
 - (b) Leitura de artigos relacionados aos comportamentos selecionados.
 - (c) Aquisição de amostras através de uma webcam.
 - (d) Pré-processamento e extração dos atributos das imagens.
 - (e) Classificação manual das imagens.
3. Desenvolver um sistema para reconhecimento automático do comportamento animal utilizando modelos ocultos de Markov.
 - (a) Planejamento dos módulos do sistema.
 - (b) Estudo da linguagem Java e softwares de auxílio.
 - (c) Implementação de um sistema capaz de classificar os comportamentos.
 - (d) Análise dos melhores atributos para o treinamento.
 - (e) Realização de testes no sistema desenvolvido, baseado na eficácia em discriminar diferentes comportamentos, custo em memória e em tempo para treinamento e classificação.
 - (f) Análise dos erros obtidos.
 - (g) Implementação de melhorias ao sistema, baseado na análise de erros.
 - (h) Comparação com outra técnica previamente selecionada.
 - (i) Avaliação da portabilidade do sistema em diversos sistemas operacionais.
4. Integrar o sistema de classificação de comportamentos ao sistema Topolino.
 - (a) Reunião com o grupo para discutir a integração.
 - (b) Integração do sistema implementado com a plataforma Topolino.
 - (c) Verificação de erros da integração.
 - (d) Análise de desempenho da plataforma.
 - (e) Comparação com outros produtos do mercado.
5. Produzir material didático e de divulgação do ambiente computacional.
 - (a) Criação de um Website destinado ao sistema.
 - (b) Preparação de mini-curso sobre o sistema desenvolvido.
 - (c) Elaboração de artigos com resultados intermediários.
 - (d) Elaboração de artigos dos resultados finais.

Referências

- AAS, K.; EIKVIL, L.; ANDERSEN, T. Text recognition from grey level images using hidden Markov models. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 970, p. 503–508, 1995.
- BASHIR, F.; KHOKHAR, A.; SCHONFELD, D. Hmm-based motion recognition system using segmented pca. *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, IEEE Computer Society, Genova, Italy, 2005.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. *Pattern Classification*. [S.l.]: Wiley-Interscience Publication, 2000.
- FELDMAN, A.; BALCH, T. *Automatic Identification of Bee Movement*. Atlanta, Georgia 30332, USA, 2003.
- FORSYTH, D. A.; PONCE, J. *Computer Vision: A Modern Approach*. [S.l.]: Prentice Hall, 2002. Hardcover. ISBN 0130851981.
- HORNEGGER, J. et al. Object recognition using Hidden Markov Models. In: GELSEMA, E. S.; KANAL, L. N. (Ed.). *Pattern Recognition in Practice IV: Multiple Paradigms, Comparative Studies and Hybrid Systems*. Amsterdam: Elsevier, 1994. v. 16, p. 37–44.
- HU, J.; BROWN, M. K.; TURIN, W. Hmm based on-line handwriting recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, v. 18, n. 10, p. 1039–1045, 1996. ISSN 0162-8828.
- MONTERO, J. A.; SUCAR, L. E. Feature selection for visual gesture recognition using hidden markov models. In: *ENC*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 196–203.
- NEFIAN, A. V.; HAYES, M. H. Face detection and recognition using hidden markov models. In: *ICIP (1)*. [S.l.: s.n.], 1998. p. 141–145.
- RABINER, L. R. A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition. *Proceedings of the IEEE*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, v. 77, p. 257–286, 1990.
- RIVAS, J. A.; BURGHARDT, G. M. Snake mating systems, behavior, and evolution: The revisionary implications of recent findings. *Journal of Comparative Psychology*, v. 119, n. 4, p. 447–454, 2005.
- SPINK, A. J. et al. The ethovision video tracking system—a tool for behavioral phenotyping of transgenic mice. *Physiology and Behavior*, v. 73, n. 5, p. 731–744, August 2001.
- STARNER, T.; PENTLAND, A. *Visual Recognition of American Sign Language Using Hidden Markov Models*. Cambridge, USA, Feb 1995.
- THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K. *Pattern Recognition*. 1. ed. [S.l.]: Academic Press, 1999. ISBN 0126861404.