

Combinação de Expertise em Classificadores para Sistemas Autônomicos

Grinaldo Oliveira, Joberto Martins

Doutorado MultiInstitucional em Ciência da Computação (UFBA-UEFS-UNIFACS)
Av. Adhemar de Barros, s/n - Campus de Ondina, Salvador - Bahia, CEP 40.170-110

grinaldo@gmail.com, joberto@unifacs.br

***Abstract.** Classifiers algorithms have been used as a way to improve world's perception by autonomic systems. However, it is known that the accuracy of these classifiers depends on its accumulated learning. This work proposes a combined classifier approach and presents an expertise combination model strategy in order to improve the classification process.*

***Resumo.** Algoritmos classificadores têm sido usados como uma forma de melhorar a percepção de mundo por sistemas autônomicos. Entretanto, é percebido que a acurácia destes classificadores depende de seu aprendizado acumulado. Este artigo aborda o uso de conjunto de classificadores e apresenta um modelo de combinação de expertise como estratégia de melhoria do processo de classificação.*

1. Introdução

Um dos aspectos importantes em um sistema autônomico é sua capacidade de detectar e responder a um comportamento errôneo ou mudanças de condições com pouca ou nenhuma intervenção humana. Claramente, a tomada de decisão é uma questão crítica em tais sistemas, que devem saber como e quando invocar ações corretivas com base em experiências passadas (KASTEN, 2007).

A utilização de sistemas de aprendizado baseados em mineração de dados, métodos estatísticos ou algoritmos de classificação tem recebido crescente atenção para diagnósticos de falhas e outras demandas. Seu uso sustenta-se no fato de que padrões podem ser aprendidos e descobertos a partir do comportamento apresentado por um sistema gerenciado (GUAN 2010; KASTEN 2007; LI 2003).

De uma maneira formal, é dito que uma máquina *aprende* a partir de uma experiência E assimilada em um conjunto de tarefas T e performance medida P , se sua performance nas tarefas T , quando medidas em P , aumentam com a experiência E adquirida (MITCHEL, 1997).

No paradigma de aprendizado de máquina, a “aquisição de experiências” em algoritmos classificadores provém de processos indutivos, onde um classificador para uma categoria c_i é construído sob o “aprendizado” de características herdadas de um conjunto de dados previamente rotulados sob c_i (MARTINS, 2003). Esta abordagem, apesar dos bons resultados, demanda tempo e alocação de recursos computacionais, enquanto não se consegue consolidar um classificador eficiente (DIETTERICH 1997; KOTSIANTIS, 2004).

Como forma de acelerar ou melhorar os resultados do processo de classificação, técnicas de combinação de classificadores têm sido utilizadas [XU, 2009]. Neste caso, é possível, da forma mais comum, combinar as hipóteses geradas por vários classificadores (TSYMBAL, 2003) ou, da forma menos tradicional, mesclar seu aprendizado ou expertise com o intuito de gerar um único classificador eficiente (BARANAUSKAS, 2001; OLIVEIRA, 2004).

Esta última estratégia possui alguns benefícios e desafios a serem abordados.

O presente artigo apresenta na seção 2 uma proposta de mesclagem de expertise baseada no algoritmo de classificação estatística *Naive Bayes* e levanta, na seção 3, algumas questões relativas à combinação de expertise.

2. Combinando de Expertise com Naive Bayes

Oliveira (2004) apresenta uma proposta de combinação das características provenientes de vários classificadores com o intuito de otimizar o processo de treinamento e possibilitar a construção de um único classificador mais eficiente, conforme a figura 1.

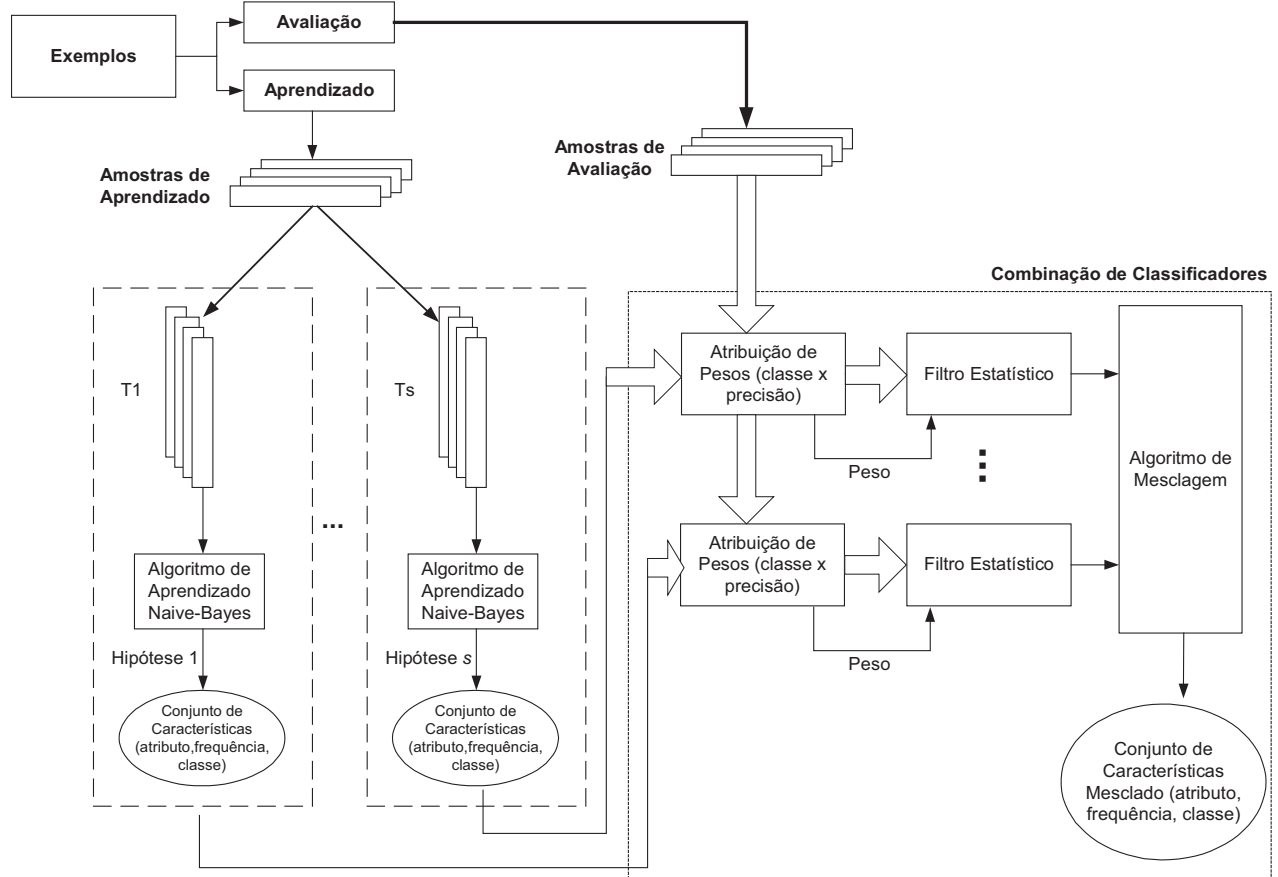


Figura 1. Arquitetura para combinação de classificadores naive bayes.

Para determinar a classe associada a um conjunto de dados, utilizando-se um classificador *Naive Bayes*, calcula-se, conforme a fórmula do quadro 1, a probabilidade de todas as possíveis classes e, ao final, escolhe-se aquela com a maior probabilidade

(MITCHEL, 1997). Esta fórmula baseia-se na coleta de um conjunto de características adquiridas pelo classificador ($x_i|C=c_i$) durante seu processo de aprendizado.

$$P(C=c_i|\vec{x}) = \prod_i P(x_i|C=c_i) \times P(C=c_i)$$

Quadro 1. Fórmula Naive Bayes

Com o objetivo de demonstrar a eficácia da técnica de mesclagem proposta, Oliveira (2004) apresenta a implementação de uma ferramenta denominada *Expertext* e dois estudos de casos relacionados ao seu uso. Nesta oportunidade, o trabalho apresenta também algumas conclusões a respeito da técnica proposta de mesclagem, condensadas aqui na próxima seção.

3. Questões Relativas à Combinação de Expertise

Tradicionalmente, a combinação de classificadores se dá através da combinação de suas hipóteses. Porém, ao invés de combinar as hipóteses de um conjunto de especialistas sobre um determinado assunto, por que não mesclar a expertise individual de cada um a fim de compor um único especialista?

Esta estratégia possui alguns benefícios interessantes observados por Oliveira (2004) em seu trabalho:

- Os especialistas podem ser treinados isoladamente, em momentos diferentes, sem necessidade de consumo de recursos de um único ambiente. Além disto, o histórico de aprendizado de cada especialista contribui para uma diversidade de suposições interessantes no processo de combinação.
- Os especialistas contribuem enviando sua *expertise* a fim de serem combinadas em um único especialista. Assim, o que irá ser demandado em um processo de avaliação de hipóteses final será apenas o esforço do super especialista, e não o esforço individual de cada especialista.
- A *expertise* final pode ser devolvida a cada especialista para uma melhor avaliação de hipóteses no ambiente ao qual está inserido.

Há, entretanto, alguns questionamentos a serem realizados:

- No processo de combinação é necessária uma avaliação de cada expertise para evitar a presença de maus especialistas que possam denegrir ou diminuir a expertise final. Além disto, os conhecimentos que possam ser supérfluos ao alvo de estudo das hipóteses devem ser descartados para não gerar perturbações na expertise final. Assim, é necessário algum tipo de avaliação prévia de sua qualidade. Como fazer isto sem correr o risco de gerar falsas avaliações?
- O processo de combinação de expertise é um pouco mais fácil em algoritmos classificadores simbólicos, como percebido em (BARANAUSKAS, 2001), porém pode-se mostrar mais complexo em algoritmos baseados em redes neurais, agrupamentos ou estatísticos.

Assim, como realizar a junção de expertise nestes outros tipos de algoritmos?

- É possível realizar esta estratégia de combinação em algoritmos de classificação não supervisionados ?

Características intrínsecas a um sistema autônomo, como as habilidades de auto-configuração, auto-cura, auto-otimização ou auto-proteção, pressupõem a implementação de bons tomadores de decisão. Desta forma, considerando os princípios anteriormente citados neste artigo, a combinação de expertise configura-se com uma possível estratégia a ser seguida na construção de soluções voltadas para este fim.

4. Referências

- BARANAUSKAS, J. A. Extração automática de conhecimento por múltiplos indutores. Tese de Doutorado, ICMC-USP. 2001.
- DIETTERICH, T. Machine Learning Research: Four Current Directions. AI Magazine, 18(4), 1997.
- GUAN, Q.; FU, S. auto-AID: A Data Mining Framework for Autonomic Anomaly Identification in Networked Computer Systems. 29th IEEE International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), December 2010.
- KASTEN, E.P.; MCKINLEY, P.K. "MESO: Supporting online decision making in autonomic computing systems," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 19, no. 4, pp. 485-499, Abril de 2007.
- KOTSIANTIS, S. B.; PINTELAS, P. E. An Online Ensemble Of Classifiers, The Fourth International Workshop on Pattern Recognition in Information Systems – PRIS-2004, In conjunction with 6th International Conference on Enterprise Information Systems, Porto - Portugal 14-17, Abril de 2004.
- LI, Z; SRINIVASAN, SM; CHEN, Z; SHOU, Y; TZVETKOV, P; YAN, X; HAN, J (2003) Using data mining for discovering patterns in autonomic storage systems. Proceedings of the 2003 ACM workshop on algorithms and architectures for self-managing systems, San Diego, CA, Junho de 2003.
- MARTINS, J. *Classificação de páginas na internet*. Trabalho de Conclusão (Mestrado). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. USP. São Carlos, 2003.
- MITCHEL, T. *Machine Learning*. McGraw-Hill, 1997.
- OLIVEIRA, G. L. Categorização Automática De Documentos Por Múltiplos Classificadores Naive Bayes. Dissertação (Grau de Mestre em Redes de Computadores), Universidade Salvador, Salvador-Bahia, 2004.
- TSYMBAL, A., PUURONEN, S., PATTERSON, D. Ensemble Feature Selection with the Simple Bayesian Classification. Information Fusion, Elsevier Science, Vol. 4, No.2, 2003.
- XU, L; AMARI, S. Combining Classifiers and Learning Mixture-of-Experts. Encyclopedia of Artificial Intelligence 2009: 318-326