

Previsão Mensal de Vendas com Sistema de Inferência Fuzzy

Sávio S. Dias¹, Italo G. Santana¹, Presley M. N. Costa¹

¹Curso de Ciência da Computação – Fundação Universidade Federal do Tocantins (UFT)

Endereço: Av. NS 15, ALC NO 14, 109 Norte

{diasssavio, italo.gomes.santana}@gmail.com, presley_mc@hotmail.com

Resumo. *Este artigo descreve uma solução baseada em Lógica Fuzzy, que resolva os determinantes relativos à previsão de vendas baseada em um banco de antecedentes, muito estudado, e utilizado em soluções voltas à tecnologia da inteligência artificial e mineração de dados.*

1. Introdução

Os comportamentos inteligentes observados em animais ou seres racionais como o próprio ser humano tem sido estudado pelo homem por séculos. Esse por sua vez busca entender e sonha em um dia poder simulá-lo. Empiricamente notou-se, que o comportamento inteligente na sua essência é na verdade uma técnica de aprendizado, que foi desenvolvida ao longo da evolução genética dos seres dotados de tal. Diversos estudos foram desenvolvidos buscando meios para artificializar aquela técnica investigando a simulação de tal comportamento.

A previsão de vendas é um estudo muito difundido entre aplicações comerciais e tornou-se essencial para o mundo dos negócios. Esse tipo de previsão busca entender o comportamento e principalmente as tendências passadas do mercado. O que facilita o planejamento do futuro a partir de experiência vivida ou estudada. Assim o prognóstico de vendas procura aperfeiçoar sua eficiência a partir do uso de números anteriores, mas sempre considerando as margens de erros, que por sua vez podem ser discrepantes devido a fenômenos econômicos imprevisíveis como declínio do mercado econômico, mudanças de tendências, aumento de competições dentre outros objetos conflitantes, que afetam as vendas futuras, por conseguinte torna-se cada vez mais complexas as suas previsões. E diferentemente dos meios convencionais, que utilizam métodos determinísticos e probabilísticos para satisfazer previsões, surgiu um novo conceito baseado em objetos de natureza possibilista das variáveis do problema, que foi comumente observado no comportamento humano diante de uma tomada de decisão e este conceito está presente nos algoritmos de Lógica Fuzzy. O problema proposto neste artigo diz respeito à solução de um sistema de previsão de vendas utilizando esse conceito.

A partir da coleção de series temporais, que são análises empíricas sequenciais, é necessário entender e analisar as informações de forma inteligente, abstrair conhecimento e fundamentar uma decisão, que normalmente será aplicada a uma base muito complexa para o processamento humano. Considerando uma abordagem, que identifica e emula os processos decisórios e comportamentais do cérebro humano, que

diante de informações de experiências passadas e armazenadas necessita prever valores futuros, a Lógica Fuzzy traz conceitos que buscam além dos métodos probabilísticos trazer conceitos possibilistas baseados em uma linguagem mais próxima da natural.

2. Revisão de literatura

O processo de mineração de dados é uma das principais bases de conhecimento da Lógica Fuzzy. E possibilita identificar padrões e sequências temporais a partir do uso de técnicas que utilizam métodos estatísticos e da própria inteligência artificial dentre outras áreas de conhecimento. Com o intervenho computacional se tornou altamente viável a utilização desses sobre grandes cargas de dados na identificação de relações, regras e agrupamentos. Este processo em sua essência permite evidenciar conhecimentos em sequências temporais - base de dados coletadas sequencialmente ao longo de um determinado período semelhante ao demonstrado na Figura 1.

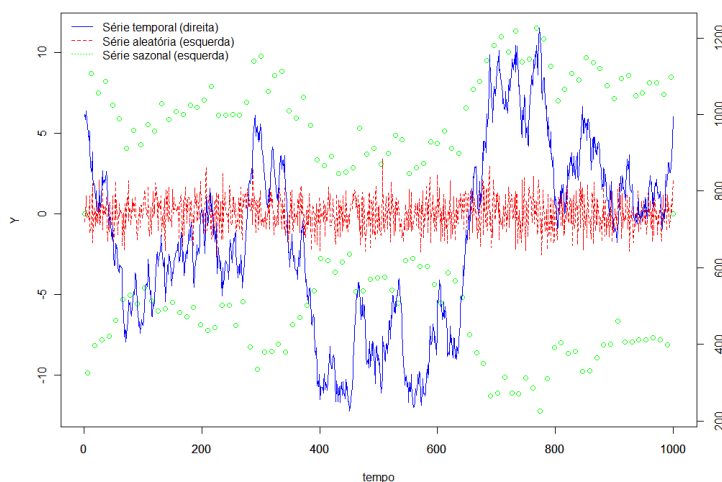


Figura 1. Representação de uma série temporal, aleatória e sazonal. Fonte: Wikimedia (2009)

E é com o intuito de extrair conhecimento de uma base de dados que a Lógica Fuzzy aplica suas métricas de investigação e buscando aproximar-se do raciocínio humano utiliza o conceito de Conjuntos Fuzzy, que na verdade é uma variação da teoria de Conjuntos da matemática que usa conceitos absolutos de “Verdadeiro” e “Falso” da lógica clássica junto à lei do terceiro excluído, onde uma proposição só pode ter valor verdadeiro ou falso, assim inexistindo um terceiro estado. Entretanto a Lógica *Fuzzy* entende que as proposições de um dado conjunto pode variar em grau de pertinência de 0 à 1 vislumbrando conceitos que vão de parcialmente verdadeiro à parcialmente falso. E assim a teoria de Conjuntos Fuzzy cria uma generalização dos Conjuntos tradicionais. Cada conjunto desses são rotulados de maneira a aproximar-se da linguagem natural – são exemplos destas variáveis linguísticas: *Extremamente Lento*, *Lento*, *Média Velocidade*, *Rápido*, *Extremamente Rápido*, Figura 2 - sendo que cada membro de um conjunto específico possui um grau de pertinência daquele mesmo conjunto. Assim essas variáveis constituem o dicionário da Lógica Fuzzy permitindo a representação das incertezas expressas e compreendidas pelo ser humano nos cálculos das decisões e previsões.

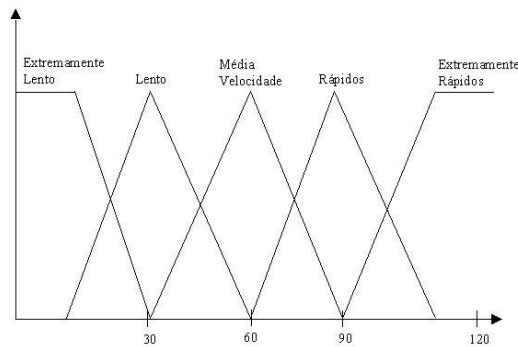


Figura 2. Representação gráfica de um Conjunto Fuzzy. Fonte: algoritmosgeneticos.com.br

A representação gráfica de um sistema fuzzy pode ser expressa pela Figura 3, onde é possível notar que o sistema fuzzy é constituído de quatro processos: *Fuzzificação*, *Inferência*, *Defuzzificação* e o processo de *Geração das Regras*. O processo de *Fuzzificação* transforma valores numéricos em variáveis linguísticas, ou seja, faz o mapeamento dos números – Conjunto de entrada - em conjuntos fuzzy. Assim torna possível a partir de um conjunto fuzzy de entrada ativar regras já convertidas em variáveis linguísticas também mapeadas. O Processo de inferência permite associar o conjunto fuzzy de entrada às regras da base de conhecimento, de forma, que a partir da das regras ativas se possa processar o conjunto fuzzy de saída. Este ultimo será trabalhado na etapa de *defuzzificação* que é o processo que converte o conjunto fuzzy de saída em valores numéricos.

O processo descrito acima pode ser dividido em dois padrões de processamento: Algoritmo de Wang-Mendel e Modelo Mamdani. O primeiro descreve o processo de geração de regras fuzzy baseadas em um conjunto de dados precisos de uma série temporal, já o segundo permite o processamento de inferências utilizando as regras ativas e a defuzzificação do conjunto *fuzzy* de saída para valores numéricos mais concretos.

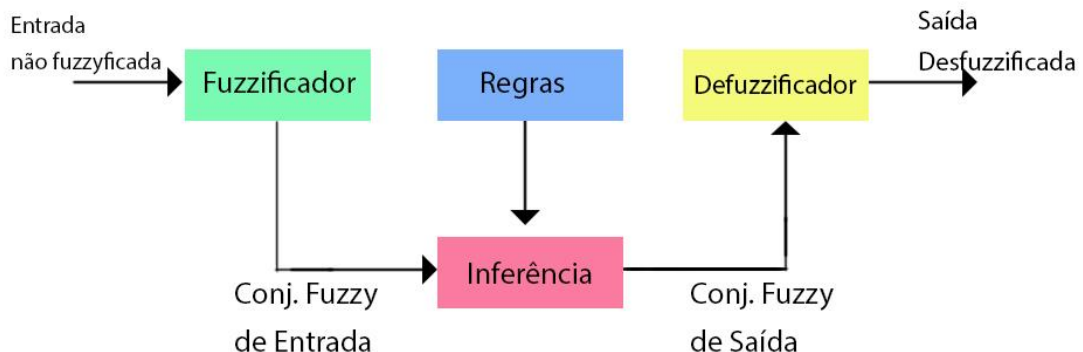


Figura 3. Representação de um sistema Fuzzy: Fonte: Autor

2.1. Algoritmo Wang-Mendel

A base de conhecimento de qualquer série temporal não possui significância se não submetida a um processo de extração de conhecimento. É somente a partir da identificação de padrões e regras desta base que é possível determinar uma decisão ou previsão de algum sistema lógico. Então a partir do algoritmo de Wang-Mendel é possível extrair regras fuzzy baseando-se no conceito do aprendizado supervisionado.

Este algoritmo pode ser dividido em três etapas simples onde a primeira etapa consiste na definição do domínio das variáveis linguísticas, que é o intervalo de valores que essas variáveis poderão assumir e em seguida faz-se necessário estabelecer os intervalos e a quantidade de conjuntos fuzzy, que por sua vez sempre estarão em um número ímpar ou $2N+1$, em que N será definido pelo usuário.

Antes de passar para a próxima etapa é importante identificar o padrão dos antecedentes para que o processo de geração das regras fique de acordo com o padrão de previsão. Se a necessidade está em prever a qualidade de venda em um determinado mês. Então deve-se observar os doze meses antecedentes, de modo que se mantenha um padrão no ciclo temporal de vendas. Observando ainda, que uma regra é representada por uma implicação na seguinte estrutura: *SE <antecedentes> ENTÃO <consequente>*.

Assim a segunda etapa estabelece o grau de pertinência para cada elemento da base de conhecimento. Neste artigo serão esboçados apenas conjuntos simétricos de maneira que cada elemento pertencerá a no máximo dois conjuntos fuzzy, ou seja, os conjuntos são complementares. Dessa forma só será aproveitado o valor do conjunto com maior grau de pertinência para um dado elemento. No final deste processo quando toda a base de dados for varrida, o banco de regras estará completo. Entretanto estará sujeito a redundâncias e conflitos. E para corrigir este problema na terceira etapa realiza um processo, que estabelece o grau de pertinência para cada regra multiplicando os graus de pertinência de todos os antecedentes e do consequente. A partir do agrupamento das regras com os mesmos antecedentes faz-se a eliminação das regras com menor grau de pertinência do grupo. Concluindo então a construção da base de regras necessárias para o processo de inferência realizado pelo Modelo Mamdani descrito a seguir.

2.2. Modelo Mamdani

O processamento da inferência consiste na previsão de um dado a partir de valores antecedentes associados às regras de uma base de conhecimento. Para tanto é necessário realizar a interseção entre do conjunto de todos os valores linguísticos possíveis dos antecedentes do valor previsto, ou seja, todas as combinações possíveis dos seus antecedentes, e os conjuntos de antecedentes das regras da base de conhecimento. Assim o conjunto interseção será as regras ativadas pelo grau de ativação ou o conjunto fuzzy de saída do sistema fuzzy.

Para extrair o valor numérico do conjunto fuzzy de saída pode-se utilizar diversos métodos de *defuzzificação* como o cálculo do centróide e média dos máximos, entretanto o método mais simples é o baseado no cálculo da altura triangular, que utiliza a simetria de triângulos conforme representado no gráfico da Figura 2.

$$y_h = \frac{\sum_l y^l \mu_{B^l}(y^l)}{\sum_l \mu_{B^l}(y^l)}$$

Figura 4. Representação matemática do cálculo da altura triangular, onde y^l é o valor corresponde ao centro de gravidade do conjunto fuzzy B^l e μ_{B^l} é o grau de ativação de um dado conjunto fuzzy B^l

Assim é possível inferir a partir de um banco de regras previsões baseadas em valores antecedentes. E é importante ressaltar que este método adotado de *defuzzificação* na inferência Mamdani não é o mais eficiente, mas o de mais fácil implementação.

3. Descrição do problema

As técnicas de previsão são utilizadas nas mais variadas áreas para se determinar de forma aproximada um resultado que não se tem conhecimento. A partir de um histórico de valores que possuem um padrão, é possível utilizar esses valores como base para se tomar decisões que resultem em uma saída, chamada previsão.

O problema consiste em realizar a previsão do índice nacional de vendas de um dado mês e ano, a partir dos dados históricos da ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados) demonstrados na tabela 1. Para se realizar essa previsão foi proposto a utilização do Sistema de Inferência *Fuzzy*, desenvolvido por Mamdani, em conjunto com o algoritmo de Wang-Mendel, para realizar a análise do histórico de dados e gerar a base de regras do sistema *Fuzzy*.

Tabela 1. Índice nacional de vendas ABRAS entre 2004 e 2012. Fonte: www.abrasnet.com.br/economia-e-pesquisa/indice-de-vendas/historico

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan	-27,75%	-25,97%	-25,38%	-23,29%	-22,84%	-22,59%	-20,96%	-20,49%	-18,91%
Fev	1,47%	-4,22%	-3,99%	-2,41%	-2,35%	-4,12%	-5,54%	-6,35%	0,27%
Mar	4,29%	16,09%	6,14%	10,79%	16,76%	6,68%	10,74%	10,14%	7,54%
Abr	6,51%	-8,23%	5,23%	-0,77%	-12,13%	7,2%	-3,28%	8%	-1,37%
Mai	-4,22%	-0,35%	-8,54%	-4,51%	8,66%	-3,67%	0,46%	-10,92%	-2,37%
Jun	-2,79%	-3,85%	-2,07%	-0,9%	-5,65%	-5,25%	-4,59%	-2,49%	-5,39%
Jul	7,76%	6,63%	4,78%	1,56%	4,4%	5,92%	4,21%	6,41%	-0,08%
Ago	-1,24%	-3,3%	-1,12%	2,37%	3,57%	0,95%	-1,37%	-1,84%	2,12%
Set	-1,45%	-2,1%	1,12%	0,47%	-5,45%	-3,77%	-0,11%	-0,22%	0,79%
Out	7,99%	7,13%	2,32%	1,63%	7,22%	8,33%	7,82%	5,16%	2,80%
Nov	-3,24%	-3,01%	1,18%	1,88%	1,19%	-2,24%	-4,43%	-1,84%	2,13%
Dez	36,31%	35,6%	31,79%	33,56%	27,86%	31,68%	34,71%	30,66%	29,73%

4. Solução adotada

Para a solução do problema utilizou-se um sistema *Fuzzy* que é capaz de, a partir de dada entrada, procurar em sua base de regras algo similar à entrada e inferir uma solução que é utilizada como previsão.

Inicialmente executa-se o algoritmo de Wang-Mendel passando como entrada para geração da base de regras os meses de janeiro/2004 à dezembro/2010 e os conjuntos *fuzzy* definidos. O algoritmo de Wang-Mendel vai então pegar uma janela de 12 meses (intervalo anual) e sua conclusão (13º mês, ou seja, o mês que se deve aprender a prever) e gerará uma regra.

Na primeira execução do algoritmo ele pegará os meses de janeiro/2004 à dez/2004 como antecedente de uma regra e como conclusão o mês de janeiro/2005. E assim sucessivamente. Após ser gerada todas as regras, serão eliminadas as regras com antecedentes que sejam conflitantes, por fim resultando na base de regras.

A partir dessa base de regras o sistema *fuzzy* será capaz de aceitar uma entrada em forma de janela de 12 meses (intervalo anual). Ele inferirá uma saída real, correspondendo à previsão de vendas do mês seguinte. Por exemplo, sendo passado os valores correspondentes aos meses de janeiro/2010 à dezembro/2010 o sistema inferirá a previsão de vendas do mês de janeiro/2011.

5. Conclusão

Podemos notar que o Sistema de inferência *Fuzzy* é capaz de realizar algumas previsões com certa eficiência. Entretanto alguns meses a previsão não chega a ser completamente precisa devido as regras geradas não satisfazerem bem.

As geração das regras depende diretamente da quantidade de conjuntos e da margem de segurança definida. Afetando ora eficientemente nos resultados, ora ineficientemente.

Referências Bibliográficas

- Silva, A. T. R. (2007) “Previsão de series temporais utilizando lógica Fuzzy”. Universidade Católica do Tocantins.
- CETUC, Puc-RIO. (2013) “Sistema Fuzzy”, http://www.cetuc.puc-rio.br/~davi/academico/fuzzy/Aula8-cor_6.pdf Abril.
- Fernandez, M. P., Pedroza, A. C. P. e Rezende, J. F. (2003) “IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE GERENCIAMENTO COM LÓGICA FUZZY E ALGORITMO GENÉTICO VISANDO À MELHORIA DA QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)”, Abril.
- Jané. D. de A. (2004) “UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA LÓGICA FUZZY”, Abril.
- Ribeiro, C. V., Goldschmidt, R. R., Choren, R. (2009) “Métodos para Previsão de Séries Temporais e suas Tendências de Desenvolvimento”, Abril.