

Um instrumento para avaliação de autismo via sistema fuzzy

Lucas A. Zago¹, Magda S. Peixoto²
DFQM, CCTS - UFSCar, 18.052-780, Sorocaba/SP.

Resumo. Neste trabalho utilizaremos os sistemas baseados em regras fuzzy para desenvolver um modelo matemático de diagnóstico de autismo baseado na escala CARS-BR. Nosso modelo foi construído a partir das 15 perguntas da escala original e utilizando os resultados por ela obtido como base para o desenvolvimento de uma nova lógica de processar os dados e obter os resultados.

Palavras-chave: Sistema fuzzy; autismo; modelagem matemática.

1. Introdução

O autismo não é considerado uma doença e sim uma síndrome comportamental que não pode ser detectada por exame de sangue, de imagem ou outro instrumento determinístico. Seu diagnóstico é desenvolvido através de uma análise comportamental e suas características podem ser percebidas em crianças ainda muito pequenas. A dificuldade de mensurar essas características e de classificá-las ainda é um grande desafio para oferecer serviços educacionais especializados.

Outro ponto que dificulta muito o diagnóstico do autismo é um quadro bastante heterogêneo, crianças podem manifestar sintomas com poucos meses de vida ou apenas depois de dois anos, apresentar problemas na fala ou retardo mental ou nenhum dos dois. A intervenção é um fator de extrema importância para o desenvolvimento do paciente, quanto mais cedo for diagnosticado e desenvolvida a terapia menor será os danos causados podendo levar o paciente a ter uma vida mais próximo do normal (Silva e Hollerbusch, 2001).

¹lucas_zago@hotmail.com, Mestrando PROFMAT

²magda@ufscar.br

Em um contexto histórico, o termo autismo com pacientes com características definidas hodiernamente por Rutter (1978), apresentando quatro critérios: dificuldade da interação social, problemas na comunicação, comportamentos incomuns, tais como movimentos estereotipados e maneirismos, com início antes dos 30 meses de idade.

Os diagnósticos comportamentais em crianças são de longe determinísticos, quase sempre é muito difícil usar as palavras 'sim' ou 'não', principalmente pelo desenvolvimento da criança que muda constantemente e de maneira descontínua. Quase sempre depende de critérios conceituais, não absolutos e que podem variar de acordo com o pensamento e visão do profissional que está desenvolvendo tal diagnóstico (Rapin e Goldman, 2008).

O instrumento de avaliação mais utilizado quando o assunto é autismo é a escala de CARS (Childhood Autism Rating Scale), desenvolvida Shopler et al. (1988). A escala conta com 15 questões sobre desenvolvimento e características do autismo que ajuda a distinguir crianças sem autismo, com autismo leve/moderado e autismo grave. Em 15 anos de sua construção foram utilizadas mais de 1500 crianças para a sua validação.

A escala de CARS pode ser aplicada a crianças com mais de dois anos por educadores, pesquisados e profissionais da saúde, as 15 questões recebem nota de 1 a 4, e a soma destes valores é analisado, sendo considerado normal a criança abaixo de 30 pontos, autismo leve/moderado de 30 a 36 pontos e autismo grave acima de 37 pontos.

A escala de CARS foi traduzida e validada no Brasil por Pereira (2007). Durante o processo de validação a versão em português – CARS-BR – foi aplicada em 60 crianças e obteve no teste de confiabilidade nota 0,90 e escolhida como base para esse modelo fuzzy.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é elaborar um modelo matemático que possa identificar pacientes com transtorno do espectro autista utilizando um sistema baseado em lógica fuzzy, proporcionando uma nova alternativa para o diagnóstico, hoje realizado pela lógica tradicional. Nesse modelo utilizaremos a escala CARS-BR para elaborar as variáveis de entrada, saída e a base de regras com auxílio de uma especialista.

3. Metodologia

3.1 A Teoria da Lógica Fuzzy

A Teoria da Lógica Fuzzy, introduzida por Zadeh (1965) apresenta uma vasta vantagem em lidar com problemas ligados a biociência, principalmente se tratando de situação onde as incertezas e a falta de precisão faz parte do diagnóstico. A verdade parcial surge dentro desta lógica com uma alternativa para situações onde afirmar algo pode se torna uma mentira.

“A Teoria da Lógica Fuzzy tem sido desenvolvida para lidar com o conceito de verdade parcial, ou seja, com valores de verdade entre o completamente verdadeiro e o completamente falso da lógica Booleana.” (ver: Ortega, 2001, p.9).

A imprecisão faz parte da nossa vida, da nossa rotina e das nossas decisões, fazemos isso quase o todo tempo e na maioria das vezes sem perceber, ou será que nunca saímos mais cedo de casa para evitar o trânsito ou evitar um imprevisto e chegarmos atrasado a um compromisso importante. Nossas decisões são tomadas partindo de experiências anteriores ou de expectativas que criamos para prever fatores que ainda não conhecemos.

Definição 1. *Seja U um conjunto (clássico), um subconjunto fuzzy F de U é caracterizado por um função*

$$\varphi_F : U \longrightarrow [0, 1],$$

chamada de função de pertinência do conjunto fuzzy F .

Um Sistema Baseado em Regras Fuzzy é desenvolvido com os mesmos princípios, usamos experiências anteriores para processar novas situações e trilhar o melhor caminho, tornando possível a transição da linguagem de um especialista em fórmulas matemáticas, automatizando a tomada de decisão ou se aproximando dela (Barros e Bassanezi, 2006).

A base de regras que vai ser processada tem uma estrutura lógica baseada em SE-ENTÃO, uma estrutura considerada simples dentro da área da Matemática, mas que pode ser muito precisa se consideramos vários aspectos que muitas vezes não são considerados em estruturas mais complexas.

Inicialmente precisamos que as nossas variáveis de entrada sejam Conjuntos Fuzzy. Utilizaremos funções de pertinência para que as variáveis crisp

(clássica) sejam transformadas em um conjunto Fuzzy. Chamamos essa parte de fuzzificação. A Lógica Fuzzy permite que o mesmo elemento tenha pertinência em dois conjuntos dicotômicos.

Com as variáveis de entrada fuzzificadas temos que criar nossa base de regras, para isso traduzimos situações conhecidas, decorrente de estudos anteriores e simulações, em uma linguagem matemática, no caso da lógica fuzzy chamamos essas regras já traduzidas em controlador fuzzy, assim podemos fazer simulações com softwares matemáticos. Para esse trabalho utilizaremos o método de inferência de Mamdani para a criação do nosso controlador Fuzzy. Esse método utiliza de uma relação Fuzzy binária composta pela ideia de MAX-MIN.

Após a aplicação dos métodos de fuzzificação e inferência, temos um resultado que é um conjunto Fuzzy. Utilizaremos para o processo de defuzzificação, o centroide gerando uma saída crisp.

3.2 O modelo CARS Fuzzy

O nosso modelo vai ser baseado no modelo clássico da escala de CARS-BR (Modelo da Childhood Autism Rating Scale, traduzida e validada para o português do Brasil) uma das mais utilizadas para o diagnóstico de autismo no Brasil e no mundo (CARS). A escala CARS-BR contém 15 itens que recebem notas que variam de 1 (dentro dos limites da normalidade) e 4 (sintomas de autismo grave), vamos chamar esses itens de variáveis conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Itens da CARS-BR

Variavel	Sigla
Relacionamento Inter-Pessoal	RIP
Imitação	IMI
Resposta Emocional	REM
Expressão Corporal	ECO
Uso do Objeto	UOB
Adaptação a Mudanças	ADM
Uso do Olhar	OLH
Uso da Audição	AUD
Uso do Paladar, Olfato e do Tato	POT
Medo e Nervosismo	MEN
Comunicação Verbal	CVE
Comunicação Não Verbal	CNV
Atividade	ATI
Grau e Consistência das Respostas da Inteligência	GCI
Impressão Geral	IGE

No modelo aqui proposto vamos definir 7 variáveis a partir dos itens apresentados na Tabela 1, como podemos ver na Tabela 2:

Tabela 2: Variáveis de Entrada

Nova Variável	Sigla	Soma
Imitação e Atividade	VRA	IMI+ATI
Relac. Inter-Pessoal e Resposta Emocional	VRB	RIP+REM
Expressão Corporal e Uso do Objeto	VRC	ECO + UOB
Adaptação a Mudanças e Medo e Nervosismo	VRD	ADM+MEN
Grau e Cons. Resp. Int. e Impressão Geral	VRE	GCI+IGE
Comunicação Verbal e Não Verbal	VRF	CVE+CNV
Uso do Olhar, Audição, Paladar, Olfato e Tato	VRG	OLH+AUD+POT

Como cada um dos itens da Tabela 2 podem variar de 1 a 4, as novas variáveis de entrada passaram a variar de 2 a 8, com exceção da VRG que vai variar de 3 a 12, por ser a soma de três itens. Para cada uma das variáveis vamos considerar dois conjuntos fuzzy opostos e simétricos. Para representar esse conjunto optamos por trapezoidais, como podemos observar na Figura 3:

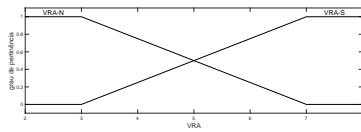


Figura 1: (a)

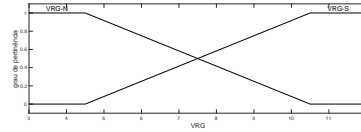


Figura 2: (b)

Figura 3: Conjuntos fuzzy de entrada

Na Figura 1 temos a representação da variável VRA definida no intervalo de $[2, 8]$, composta com dois números fuzzy do tipo trapezoidal, que são eles: VRA-N $[0, 2, 3, 7]$ para ausência das características autista e VRA-S $[3, 7, 8, 10]$ para a presença do autismo. Assim os valores reais da VRA que é a união de dois itens da escala original, Imitação e Atividade passam a ter uma pertinência $[0,1]$ dentro dos dois conjuntos fuzzy. Análogamente, as variáveis VRB, VRC, VRD, VRE e VRF. Já a variável VRG que é a união de três itens é definida no intervalo de $[3,12]$ conforme a Figura 2.

Fuzzificados as variáveis de entrada precisamos fazer o mesmo processo para a variável de saída. Assim com base nos intervalos e nas variáveis de saída do modelo CARS-BR original, temos a variável crisp DAU (Diagnostico de Autismo) e dentro dela criamos três conjuntos fuzzy também do tipo trapezoidais, que são eles AUN $[0, 15, 28, 32]$ – Ausência de Características Autista, AUL $[28, 32, 35, 39]$ Autismo Leve/Moderado e AUG $[35, 39, 60, 90]$ Autismo Grave, conforme a Figura 4:

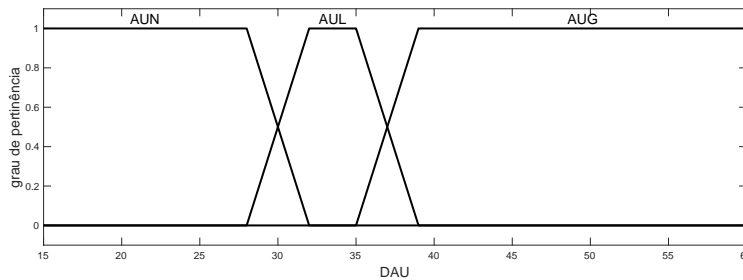


Figura 4: Conjuntos fuzzy de saída

Depois que fuzzificamos nossas variáveis, precisamos construir a base de regras para a tomada de decisão. Nossa base de regras foi construída baseada

no resultado da escala de CARS-BR e auxílio da especialista.

A base de regras será composta por 128 regras do tipo:

1. 'Se VRA for sim e VRB for não e VRC for sim e VRD for sim e VRE for não e VRF for sim e VRG for não então DAU é autismo grave';
2. 'Se VRA for não e VRB for não e VRC for não e VRD for sim e VRE for não e VRF for não e VRG for sim então DAU é autismo leve/moderado';
3. 'Se VRA for não e VRBe for sim e VRC for não e VRD for sim e VRE for não e VRF for não e VRG for não então DAU é não autismo'. Similarmente, seguem as demais regras.

Com todas as variáveis fuzzificadas e a base de regras construídas, utilizaremos método de inferência de Mamdani como controlador fuzzy, assim após a aplicação do método teremos um conjunto fuzzy resultado. Utilizaremos do método de defuzzificação centroide para que o conjunto fuzzy resultado seja transformado em um conjunto fuzzy crisp, em que podemos comparar com o modelo tradicional.

4. Resultados e Conclusão

O modelo matemático foi desenvolvido utilizando-se ferramenta Toolbox Fuzzy do software MatLab e simulações foram feitas.

Por falta de base de dados e de toda complexibilidade de validar o novo modelo em pacientes deixaremos a validação para um próximo trabalho, considerando apenas os conceitos matemáticos envolvidos.

Dentro da modelagem matemática buscando modelar fenômenos biológicos nos depararmos com situações nada determinísticas e recheadas de incertezas, dentro destes aspectos os sistemas baseados em regras fuzzy utiliza uma lógica mais flexível que possibilita melhores ajustes. O autismo é diagnosticado por conjuntos de comportamento, tornando-se assim muito subjetivo, nestes aspectos utilizar modelagem matemática fuzzy pode dar uma vantagem em diminuir discrepâncias entre dois diagnósticos diferentes.

O modelo não foi validado, mais inúmeros teste foram aplicados considerando pacientes fictícios. O modelo fuzzy foi baseado em análise do modelo CARS-BR, priorizando apenas a mudança da lógica do processo, conservando as entradas e saídas e comparando os resultados. Podemos observar algumas simulações na Tabela 3:

Tabela 3: Simulações do Modelo Fuzzy

Itens	P1	P2	P3	P4	P5	P6
RIP	1	2	3.4	2	4	1.8
IMI	1.9	2.8	3	2.8	3.6	1
REM	2	2.9	3.2	1.7	3.6	2.2
ECO	1.1	2.1	3.9	1.3	2.9	1.8
UOB	1.3	2.3	3.2	2.4	2.4	1.1
ADM	1.7	2.1	3.4	1	3	2.6
OLH	1.8	2	3.4	1.3	3.4	1.9
AUD	1.2	2.8	3.8	2	3.4	2.7
POT	1.3	2	3.7	1.3	3.5	1.1
MEN	1.7	3	3.7	1.5	2.4	2.2
CVE	1.9	2.4	3.4	2.3	2.2	4
CNV	1.3	2.9	3.9	2.7	2.4	2.8
ATI	1.1	2.1	3.4	1.5	3	1
GCI	1	2.4	3.1	1.5	2.8	1.4
IGE	1.6	2.5	3	3	2.9	3.2
Soma CARS-BR	21.9	36.3	51.5	28.3	45.5	30.8
Modelo Fuzzy	22.52	36.98	47.75	30,7	45,26	33,20

Agradecimentos

O primeiro autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado. A segunda autora agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo nº 2016/04299-9 pelo auxílio financeiro.

Referências

- Barros, L. C. e Bassanezi, R. C. (2006). *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*, volume 5 de *Coleção Textos Didáticos*. IMECC–UNICAMP.
- Ortega, N. R. S. (2001). *Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina*. Tese de Doutorado, IF - USP, São Paulo/SP.
- Pereira, A. (2007). Autismo infantil: Tradução e validação da cars(childhood

- autism rating scale) para uso no brasil. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre/RS.
- Rapin, I. e Goldman, S. (2008). A escala cars brasileira: uma ferramenta de triagem padronizada para o autismo. *Jornal da Pediatria*, 84(6):473–475.
- Rutter, M. (1978). Diagnosis and definition of childhood autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 8:139–161.
- Shopler, R., Reichler, R., e Renner, B. (1988). The childhood autism rating scale (cars). *Western Psychological Services*, 17:1–10.
- Silva, R. M. e Hollerbusch, L. (2001). O desenvolvimento da interação social das crianças com alteração do espectro do autismo. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353.

