

1 Introdução

1.1. Motivação

A partir da segunda metade do século XX, percebeu-se que nem todos os problemas que contêm incerteza podem ser tratados corretamente através da probabilidade. Esta limitação é explicada pelo fato de existirem 3 tipos de incertezas: a incerteza de natureza aleatória, a incerteza devida ao conhecimento incompleto e a incerteza em função do conhecimento vago ou impreciso. A probabilidade só é capaz de modelar o primeiro tipo de incerteza.

Dentre os modelos matemáticos existentes para tratar a incerteza devida ao conhecimento incompleto, pode-se citar as medidas de *belief* e *plausibility* da teoria de Dempster-Shaffer, a teoria da evidência, as medidas de probabilidade superior e inferior e as probabilidades intervalares. Já para o caso da incerteza proveniente do conhecimento vago ou impreciso, ela é perfeitamente modelada pela teoria dos conjuntos *fuzzy*.

Paralelamente, graças ao desenvolvimento dos conceitos de incerteza, notou-se que uma medida de uma grandeza física possui, obrigatoriamente, uma incerteza de medição. Desta forma, no início da década de 80 apareceu o primeiro guia com as normas ISO para a avaliação das incertezas de medição. Assim, quando o resultado da medição de uma grandeza física é fornecido, este deve ser acompanhado de uma indicação quantitativa de sua qualidade, permitindo assim que a sua confiabilidade seja estimada. Embora que tradicionalmente esta incerteza seja tratada através de conceitos probabilísticos, recentemente foi mostrado que ela também pode ser capturada por um tipo de conjunto *fuzzy*: os números *fuzzy*.

Enfim, a partir do reconhecimento da existência de diferentes tipos de incerteza, têm-se desenvolvido ferramentas matemáticas capazes de lidar com mais de um tipo de incerteza ao mesmo tempo, como por exemplo, a probabilidade *fuzzy*. Em especial, a probabilidade *fuzzy* pode ser utilizada para estudar um experimento aleatório cujos dados possuem incerteza de medição.

1.2. Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um método de estimação não-paramétrico - isto é, que não depende de um modelo pré-definido - de probabilidade *fuzzy*. O modelo proposto é construído a partir de um método tradicional de estimação, a janela de *Parzen*, porém, diferentemente do caso clássico, os dados sobre os quais é feita a estimação não são mais considerados precisos: eles possuem incerteza de medição. Para isto, a imprecisão dos dados é modelada por números *fuzzy*, obtendo desta forma uma estimativa *fuzzy* por janela de *Parzen*.

1.3. Estrutura da Tese

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta as diferentes noções de incerteza através de exemplos, além de definir a incerteza de medição seguindo as normas ISO. Em seguida, no capítulo 3 são revistos os principais conceitos da lógica *fuzzy*, dos números *fuzzy* e de sua aritmética. O capítulo 4 descreve os conceitos básicos de probabilidade tais como distribuição de probabilidade e intervalo de confiança, além de explicar os principais métodos de estimação de probabilidade. O capítulo 5 começa apresentando as bases e as propriedades da probabilidade *fuzzy* empregada, para em seguida apresentar e ilustrar com exemplos o modelo de estimação de probabilidade *fuzzy* proposto. Finalmente, as expectativas e os trabalhos futuros são discutidos no capítulo 6.