

*experimental system is performed, in order determine the impact of several characteristics, like the lasers relaxation oscillations.*

*A numerical model for an experimental system using the technique of supported dispersion transmission to detect the signal is also developed. A pure semianalytical method to estimate the error probability is derived, taking into account the most important noises, namely the optical amplifiers noise and the intensity and phase noises from the semiconductor laser. The influence of several items in the system performance is studied, like the comparison between different electronic equalisers, transition between the regimes of intensity modulation and dispersion supported transmission, the laser phase noise and self-phase modulation during propagation.*

**Título:** Sistema Assistido por Computador para Classificação do Electroencefalograma do Sono e Detecção de Micro Despertares

**Title:** Computer Based System for Sleep Staging and Micro Arousal Detection

**Autor/Author:** Osvaldo Manuel da Rocha Pacheco

**Orientador/Advisor:** Francisco Vaz

**Data Apresentação/Acceptance Date:** 7/96

**Palavras Chave:** Sono, redes neuronais, decisão automática, supervisão da decisão.

**Key Words:** Sleep, neural networks, automatic decision, supervision.

**Doutoramento/Ph.D.**

### Resumo

Nas sociedades mais evoluídas, de dia para dia, maior é o número de pacientes que sofrem de patologias ligadas ao sono, pelo que, têm surgido em todo o mundo inúmeros laboratórios e clínicas de análise de sono. A análise de um registo de sono, é para o especialista, um trabalho difícil e cansativo, devido à dificuldade existente em manusear um conjunto significativo de variáveis durante um período de tempo considerável. Vários sistemas automáticos foram desenvolvidos, com o objectivo de minorar os problemas levantados. Apesar disso, algumas questões permanecem em aberto. Primeiro, a distinção dos estádios de sono mais superficiais não é muito eficaz. Segundo, os sistemas descritos não apresentam qualquer indicador da qualidade da classificação, não permitindo por parte do especialista, uma reavaliação qualitativa, na procura da diminuição dos erros produzidos. Finalmente, os sistemas automáticos de classificação de épocas de EEG em estádios de sono, baseiam-se, na perspectiva clássica de Rechtschaffen e Kales (R&K), sendo a época analisada como um todo, não se atendendo às micro transições que eventualmente ocorrem no intervalo de tempo que se pretende caracterizar. Por isso, para alguns tipos de patologias, a análise clássica, de *per se* não caracteriza completamente o sono, uma vez que para alguns pacientes, o sono é fragmentado por aumentos transitórios da vigília, que em muitos casos não

conduzem à passagem ao estado de acordado, e que, portanto, não podem ser detectadas por simples observação do hipnograma. O hipnograma pode neste caso, não reflectir qualquer desvio relativamente ao que se obtém a partir de padrões normais, apesar da má qualidade do sono do paciente. Torna-se assim necessário, no estudo de algumas doenças de sono, a análise em duas escalas diferentes: o estudo clássico do comportamento do sono, com base na classificação de segmentos de comprimento temporal fixo; e a detecção de estados transitórios que ocorram num qualquer momento, nomeadamente, a detecção de aumentos da vigília, durante curtos instantes.

A resolução dos problemas enunciados, constituiu a motivação principal que presidiu a este trabalho. Assim, desenvolvemos um sistema automático de análise e classificação do EEG de sono em tempo real, que permite a detecção de transitórios aos estádios definidos pelo paradigma de R&K, nomeadamente, os *micro arousals*, melhorando também, os resultados da classificação quando é necessário distinguir os estádios de sono mais superficiais. Este sistema, fornece uma avaliação automática da classificação feita, com base na consistência dos vectores dos parâmetros característicos, indicando qual o grau de credibilidade da saída produzida.

### Abstract

*In today's developed societies, the number of people affected by sleep disorders is growing by the day. To handle a growing number of patients, there has been a steady growth in the number of sleep analysis clinics and laboratories. Human sleep stages are hand-scored by an expert and this is a laborious, time consuming and difficult task. To overcome these difficulties several automatic sleep data analysis systems were developed over the last 20 years. In spite of the advantages of these systems, some question remains unanswered. In the first place, light sleep epoch scoring is not as good as it should be. Secondly, the systems developed so far do not give any indication of the quality of the scoring. This means that an expert evaluating the output of an automatic sleep analysis system has no easy way to be assured of the accuracy of the results produced. Finally, automatic scoring systems are based on the Rechtschaffen and Kales (R&K) rules. A sleep epoch is analyzed as a whole, thus disregarding the micro arousal that may occur in the time frame being analyzed. As the micro arousal are not registered in the hypnogram, the output of the standard automatic system, for a patient with this kind of sleep disorder, can have no meaningful differences from a normal hypnogram. In order to be detected by the automatic system, some sleep pathologies require, by the reasons just presented, a two pronged approach: a classical R&K study of sleep behavior, based on the scoring of fixed time length sleep segments, and a micro arousal detection study. In this work we present an automatic real-time sleep staging system that*

*performs both an R&K sleep analysis and micro arousal detection. This system improves the agreement between the results of automatic sleep stages scoring and the hand-scoring performed by an expert, specially when there is a need to distinguish light sleep stages. Furthermore, the system produces a measure of the quality of the scoring performed, based upon feature consistency, thus giving the expert a quick way to evaluate the accuracy of the study results.*

---

**Título:** Estudo sobre a Aplicação de Redes Neurais à Detecção de Contornos em Imagens

**Title:** *Digital Image Edge Detection Using Neural Networks*

**Autor/Author:** Armando José Formoso de Pinho

**Orientadores/Advisors:** Luís Henrique Martins Borges de Almeida e Francisco Vaz

**Data Apresentação/Acceptance Date:** 11/96

**Palavras Chave:** Detecção de contornos, redes neurais, retropropagação, avaliação da qualidade de contornos, análise de imagem

**Key Words:** *Edge detection, neural networks, back-propagation, edge quality evaluation, image analysis.*

**Doutoramento/Ph.D.**

---

### Resumo

Nesta tese abordamos a questão da detecção de contornos em imagens. A ideia fundamental que motivou este trabalho relaciona-se com a filosofia de abordagem do problema. A linha de trabalho que seguimos foi no sentido de investigar métodos que permitam a criação de detectores de contornos dedicados a aplicações específicas, e não no sentido de tentar desenvolver operadores de carácter geral.

Uma das formas de abordar este problema é considerar que é possível obter um conjunto de dados de treino capaz de representar, razoavelmente, o universo em que o detector vai operar. No nosso caso, isso significa dispor de algumas imagens representativas desse universo, e respectivos mapas de contornos. O problema pode então ser formulado do ponto de vista da criação e adaptação do detector apropriado. É aqui que as redes neurais artificiais surgem como possíveis candidatas a essa função, dada a sua característica de serem capazes de aprender (adaptar-se) através de exemplos.

Por conseguinte, esta tese descreve o estudo de alguns dos problemas relacionados com a utilização de redes neurais para a implementação de detectores de contornos. Contudo, embora central, esta não é a única questão aqui tratada.

Começamos por abordar o problema da detecção de contornos em imagens, tendo como base operações de filtragem e diferenciação. Em seguida, é proposto e discutido um novo método para a avaliação objectiva da qualidade de mapas de contornos. Segue-se uma introdução às redes neurais, dando-se especial ênfase aos algoritmos e técnicas que usámos ao longo deste trabalho.

Passamos então à descrição do método que propomos nesta tese, começando por abordar algumas questões de representação dos dados de entrada e sua organização topológica, assim como algumas das suas propriedades. Em seguida, é dada ao trabalho uma perspectiva de reconhecimento de padrões, onde se relacionam os detectores de contornos neuronais com as técnicas clássicas de classificação. Além disso, é sugerida a utilização de redes neurais recorrentes para a incorporação de informação contextual e são efectuadas algumas comparações com técnicas de relaxação probabilística. Finalmente, é feita a apresentação e discussão dos resultados experimentais.

Como conclusão principal deste trabalho podemos afirmar que as redes neurais podem ser utilizadas na criação de detectores de contornos especializados, apresentando vantagens em relação aos detectores tradicionais. Estes resultados são bastante encorajadores, revelando as potencialidades deste novo método para a detecção de contornos em imagens.

### Abstract

*In this thesis we address the problem of edge detection. The fundamental idea that motivated the work is related to the philosophy with which the problem is addressed. Our line of work was in the direction of investigating methods that could be able to design specialized edge detectors, instead of general purpose operators.*

*One of the ways to address the problem is to consider that it is possible to obtain a training set which is reasonably able to represent the universe where the operator is intended to work. In our case, this means having some images that are representative of that universe, and their corresponding edge maps. Therefore, the problem can be formulated as the design and adaptation of the appropriate detector. It is under this formulation that neural networks are seen as possible candidates to the task, since they are able to learn (adapt) from examples.*

*This thesis presents, therefore, a study of some of the problems related to the use of neural networks in edge detection. However, although central, this is not the only issue that is addressed.*

*We start by addressing the subject of edge detection in images, based on the filtering and differentiation approach. Next, we propose and discuss a new method for the quantitative evaluation of edge maps. Then, we give an introduction to the neural network paradigm, focusing our attention on the algorithms and techniques used in this work.*

*We proceed with a description of the method that we propose in this thesis, beginning by addressing some issues related with input data representation, topology and properties. Next, we provide a perspective from the point of view of pattern recognition, relating the neural network edge detectors with classical classification techniques. Moreover, we suggest recurrent neural networks as a way to incorporate contextual data, and we*