

## Resumo

O trabalho descrito nesta dissertação foi conduzido com o objectivo de proceder à avaliação em tempo real da proximidade ao colapso de tensão de um dado sistema, através da utilização de vários algoritmos de aprendizagem automática. O fenómeno da degradação do plano de tensão do sistema resulta normalmente de deficientes reservas de potência reactiva, ocorrendo principalmente em sistemas com regimes de carga intensos e com linhas de transmissão relativamente extensas.

A degradação do plano de tensão pode ocorrer gradualmente ao longo de um período de tempo que oscila entre algumas horas a poucos minutos. Torna-se assim importante o desenvolvimento de metodologias que permitam caracterizar e identificar de forma rápida os processos subjacentes a situações deste tipo, tendo em vista a utilização, com a devida antecedência de medidas de controlo preventivo.

Como noutras áreas relacionadas com a segurança de exploração de um sistema, este problema pode beneficiar de uma abordagem utilizando algoritmos de aprendizagem automática, os quais implicam uma redução drástica do tempo necessário para a avaliação da dimensão de um eventual problema de colapso de tensão.

Nesta dissertação descreve-se a aplicação, neste domínio concreto, de vários algoritmos de aprendizagem automática, particularmente em duas vertentes:

- Abordagem classificativa: onde se procura reproduzir uma classificação a priori;
- Abordagem preditiva: onde se procura a emulação de um índice de robustez do sistema, igualmente definido a priori.

A aplicação dos algoritmos de aprendizagem automática, implica a necessidade de obtenção de informação relacionada com o comportamento funcional do sistema, tendo em vista a implementação de funções de segurança. Esta informação é gerada mediante a construção de um conjunto de treino, contendo este um elevado número de pontos de funcionamento, procurando-se, deste modo, caracterizar de forma adequada as várias condições de exploração do sistema. Durante a construção do conjunto de treino é igualmente efectuada, para cada ponto de funcionamento, uma avaliação a priori da sua distancia a um eventual colapso de tensão.

As técnicas desenvolvidas incluem diversos algoritmos tais como DIPOL92, Knn vizinhos mais próximos, Árvores de Decisão, Algoritmos Genéticos e Redes Neurais. Na abordagem preditiva foram utilizadas duas novas propostas, nomeadamente Programação Genética e Árvores de Regressão "Kernel". Estes métodos produzem funções de segurança contínuas e interpretáveis.

A aplicabilidade, nesta área, dos algoritmos desenvolvidos encontra-se exemplificada numa rede teste de 25 barramentos.

## **Abstract**

This thesis describes the application of several machine learning techniques for fast evaluation of voltage collapse proximity. The voltage collapse phenomenon is characterised by a decrease in load voltages magnitudes due to lack of reactive power reserves in the network and has been observed in heavily loaded power systems, namely when the system includes long transmission lines.

The rate of voltage decrease can occur gradually over a period of time ranging from some hours to a few minutes. Therefore, if fast assessment voltage intability tools are available the problem can be timely detected and operational measures can be taken to prevent the system from collapsing.

As in other security assessment areas, this problem can certainly benefit from machine learning based approaches that enable a drastic time reduction in assessing the dimension of the eventual voltage collapse problem.

This thesis presents the application in this scientific domain of several machine learning techniques, exploiting two main directions:

- Classification approach: where an a priori classification is reproduced;
- Prediction approach: where a given a priori security robustness index is emulated.

The application of machine learning techniques requires that information related with the functional behaviour of the system is exploited in order to derive security evaluation structures. This data is obtained through automatic data set generation procedures where the operation philosophy of the system is reproduced. In the data set generation stage an a priori evaluation procedure to analyse the voltage stability of the system is introduced.

The techniques used include several approaches like DIPOL92, Knn Rule, Decision Trees, Genetic Algorithms and Neural Networks. For the prediction approach new procedures are used, namely Genetic Programming and Kernel Regression Trees. These later methods produce continuous and interpretable security functions.

The feasibility of the application of these techniques in this area is exemplified using a 25 bus test system.