**Parte 1 – Problema de deterioração de equipamentos**

Apresentar aqui o processo de raciocínio usado para resolver o problema de Programação Dinâmica Estocástica.

Apresentar aqui uma síntese dos resultados obtidos, sendo que os resultados gerados serão mostrados nos anexos.

Explicar também o que se pode concluir dos resultados obtidos, decisões a tomar, etc.

**Parte 2 – Artigo de aplicação da programação dinâmica estocástica em situações reais.**

**Otimizar sistemas de talhadia de curta rotação em Portugal**

A talhadia de curta rotação consiste no desbaste de plantas, neste caso em específico, de eucaliptos, que permite a utilização da sua madeira sólida para produção de energia através da biomassa. A talhadia permite que as árvores regenerem num prazo de cerca de 8 anos, estando preparadas para um novo desbaste. Este processo é assim cíclico. Em Portugal, este processo é efetuado sobretudo em eucaliptos, visto ocuparem mais de 20% da área florestal portuguesa e devido também ao facto de terem um crescimento acelerado.

Anteriormente já havia sido elaborado um modelo de **programação dinâmica estocástica** (PDE) que permitia maximizar os lucros obtidos através desta técnica de produção de energia, no entanto não tinha em consideração um fator importante e bastante frequente nos países mediterrânicos: **os incêndios florestais**.

Para tal, foi elaborado um modelo, capaz de ter em conta dois fatores principais: a idade ideal de desbaste em cada ciclo e o número ideal de ciclos numa rotação completa. Para além destes fatores também tem em conta alguns tratamentos efetuados à plantação e a probabilidade da ocorrência de um incêndio florestal e os seus efeitos.

Neste caso específico, o modelo ideal a aplicar é um modelo de PDE, pois permite otimizar os lucros, através de uma visão antecipada. Estes tipos de modelos são usados para derivar decisões otimizadas ao longo de todo o ciclo, neste caso ao longo de uma rotação completa. Assim sendo, um modelo de PDE adequa-se perfeitamente a este problema, uma vez que o processo de recursividade inversa, permite obter a **decisão ótima em qualquer estado**. Isto significa que, se uma mudança ocorrer, fruto de um evento aleatório (como um incêndio florestal), o gerente apenas tem de observar a solução deste problema para tomar a decisão que maximiza os seus lucros nessa nova situação.

Este modelo permite determinar a política a adotar (tratamentos a efetuar, ciclos de talhadia e comprimento da rotação), capaz de maximizar o lucro obtido.

Os **estágios** deste problema são o número de desbastes/talhadias e os **estados** são o número de anos desde que a plantação foi plantada. O número de estágios é o número máximo de desbastes que uma rotação comporta, que é 4. Em cada ciclo, a idade de desbaste pode variar entre 10 e 16 anos, logo os valores deste intervalo são os estados.

Em cada estágio é tida em conta a probabilidade de ocorrência de um incêndio florestal, os danos provocados na plantação e qual a política ótima a adotar, relativamente à colheita da madeira.

A implementação deste algoritmo permitiu concluir que, como seria de esperar, o número de anos de um ciclo diminui com o risco de incêndios florestais, uma vez que provoca a morte de algumas árvores, obrigando ao seu desbaste precoce.

De facto, os resultados obtidos revelam que, de um intervalo de 10 a 16 anos e se não tivermos em conta os incêndios florestais, o tempo de rotação de um ciclo ronda os 15 e os 16 anos, enquanto que se juntarmos a probabilidade de incêndio, este tempo desce para valores entre os 10 e os 11 anos. Isto afeta diretamente os lucros obtidos.

Este tipo de processos permite assim obter a decisão ótima para todos os estados possíveis de um dado problema, ao longo de vários estágios. Isto permite consultar os resultados obtidos e tomar a decisão mais correta na situação em que o problema se insere nesse momento, podendo maximizar os lucros no futuro.

**Bibliografia**

Ferreira L., Constantino M., Borges J., and Garcia-Gonzalo J. (2012) “A Stochastic Dynamic Programming Approach to Optimize Short-Rotation Coppice Systems Management Scheduling: An Application to Eucalypt Plantations under Wildfire Risk in Portugal”, *Forest Science, Volume 58, Issue 4,* 353-365.

*DOI*: <https://doi.org/10.5849/forsci.10-084>

**Anexos**

**Anexo A1 – <Título>**

Anexar aqui o ficheiro das probabilidades gerado automaticamente.

**Anexo A2 – <Título>**

Anexar aqui as iterações da folha de cálculo, com as fórmulas usadas e por ventura os resultados obtidos.