



Escola de Engenharia
Universidade do Minho

Conhecimento sub-simbólico: Redes Neuronais Artificiais

Bruno Pereira, 69303

João Mano, 69854

Patrícia Rocha, 69636

Resumo

Este relatório tem como objetivo explicar e documentar todo o processo de desenvolvimento do terceiro trabalho prático da unidade curricular de Sistemas de Representação de Conhecimento e Raciocínio no âmbito de conhecimento sub-simbólico, nomeadamente, o uso de Redes Neurais Artificiais, RNAs.

As decisões e soluções implementadas serão aqui explicitadas e detalhadas por forma a apresentar todo o trabalho envolvido neste desafio.

Para a realização desta tarefa foram aplicados todos os conhecimentos, teóricos e práticos, adquiridos durante as aulas desta unidade curricular.

Tabela de Conteúdos

Conhecimento Sub-simbólico: Redes Neurais Artificiais

Introdução	6
Objetivos	7
Preliminares.....	7
Descrição do Trabalho e Análise de Resultados.....	8
Desafio 1 – RNA com Decisão Mais Próxima	8
Desafio 2 – Escala Identificadora de Fadiga	10
Desafio 3 – Escala Mais Indicada	11
Extras – Identificação da Tarefa	13
Identificação da Tarefa com Escala Completa da Fadiga	13
Identificação da Tarefa com Escala Reduzida da Fadiga	14
Conclusões e Sugestões.....	16

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados usados para testes.....	8
Tabela 2 -Resultados dos testes.....	9
Tabela 3 - Unidades Falhadas de cada teste	9
Tabela 4 - Dados usados para os testes	10
Tabela 5 -Resultados dos teste	11
Tabela 6 - Resultados dos testes.....	12
Tabela 7-Dados usados para testes.....	13
Tabela 8-Resultados dos testes.....	14
Tabela 9- Unidades Falhadas.....	14
Tabela 10-Dados usados para testes.....	15
Tabela 11-Resultados dos testes.....	15
Tabela 12-Unidades Falhadas	15

Conhecimento Sub-simbólico: Redes Neurais Artificiais

O objetivo deste relatório prende-se na documentação e explicitação do processo de resolução do terceiro exercício prático da unidade curricular de Sistemas de Representação de Conhecimento e Raciocínio.

A realização deste exercício tem como objetivo incitar ao uso de sistemas sub-simbólicos face à representação de conhecimento e desenvolvimento de mecanismos de raciocínio.

Ao longo do documento expõem-se as decisões e conceitos definidos relevantes para a resolução do problema.

1. Introdução

Redes Neurais Artificiais são técnicas computacionais, inspiradas no sistema nervoso, que adquirem conhecimento através de processamento de casos base e aprendizagem sobre estes. Estas técnicas permitem solucionar problemas de inteligência artificial através da construção de um processo baseado em circuitos imitadores do processamento e comportamento do sistema neuronal humano, adquirindo conhecimento através de experiências e erros.

As redes neurais correspondem a grafos, com algumas restrições, onde a informação é distribuída para os nodos pelos caminhos.

O nível de cansaço aquando o uso de um computador pode ser medido pela análise de parâmetros como o movimento do rato ou *clicks*, assim sendo, é possível identificar através de uma recolha de dados o nível de fadiga de um utilizador. Neste contexto, através do uso de uma rede neuronal, teoricamente, será possível treinar a rede (com um erro de previsão associado) para que esta indique qual o nível de cansaço de um indivíduo face a um conjunto de dados sobre a utilização do computador.

Assim sendo, neste trabalho, serão usadas redes neurais por forma a definir qual o nível de fadiga de um indivíduo.

2. Objetivos

Como já foi mencionado, o objetivo deste trabalho é utilizar redes neuronais para calcular níveis de fadiga de um utilizador, exercitando o conhecimento sobre este tema já abordado na unidade curricular.

O trabalho será realizado na linguagem de programação R, onde será criada e treinada a rede neuronal para utilização da mesma.

É então requerido que, face a um conjunto de casos base, se treine uma rede para que os seus valores de decisão retornados sigam, o mais próximo possível, os valores disponibilizados. É ainda pedido que, também utilizando os dados disponibilizados, a escala de valores retornados apenas indique se existe ou não fadiga e, por último, criar uma escala de valores de fadiga que melhor se aproxime do pretendido.

3. Preliminares

Quebrando a dependência da representação de conhecimento através do uso de símbolos, foi criada a representação de conhecimento sub-simbólicos. Neste trabalho apenas se abordaram um “ramo” deste amplo tema, Redes neuronais artificiais (RNAs). Para permitir uma melhor compreensão do tema de seguida explicar-se-ão conceitos essenciais à compreensão do abordado ao longo do relatório.

Redes neuronais artificiais são estruturas de resolução de problemas que quebram a dependência da utilização de símbolos. Baseia-se na conexão entre unidades de processamento e a sua nomenclatura é herdada da biologia.

Desta forma uma rede neuronal é constituída por:

- **Neurónio:** unidades de processamento;
- **Dentrite:** associadas aos neurónios, recebem a informação que depois é processada;
- **Axónio:** também associados aos neurónios, são responsáveis pela passagem de informação.

Um neurónio pode possuir várias dentrites mas apenas um axónio. À passagem de informação dá-se o nome de transferência/sinapse, esta apenas ocorre caso o estado de excitação dos neurónios seja suficiente. Este estado é regulado pela informação que chega ao neurónio.

A rede neuronal recebe então n parâmetros de um caso como input e, faz esta informação percorrer a sua rede até que é retornado um ou mais valor/valores de output. A aprendizagem da rede é definida pela regra de transferência que a rede neuronal implementa, isto será outro parâmetro que decidirá o funcionamento da rede.

O cálculo do valor de ativação dos neurónios é influenciado pela informação que chega aos mesmos, pelos dados de *input* e pelo valor de ativação anterior (armazenado em memória).

Apesar do uso das redes neurais ser bastante vantajoso é de notar que todos os valores obtidos são apenas aproximações e que existe uma dependência na existência de “pré-conhecimento”, ou seja, são necessários casos de treino com informação já real.

4. Descrição do Trabalho e Análise de Resultados

A documentação, assim como o exercício, está dividida em três partes principais, que correspondem aos três desafios propostos.

Na primeira parte é pedido que se tente treinar a rede para que esta responda com o maior grau de aproximação aos resultados disponibilizados, a segunda parte da documentação incide sobre o desafio de transformar a escala de fadiga fornecida (níveis de 0 a 7) para uma escala que apenas identifica se existe ou não fadiga (dois níveis 1 identifica fadiga e 0 identifica a sua ausência), finalmente, na terceira e última parte é pedido que se crie uma escala que melhor se adeque ao problema.

4.1. Desafio 1 – RNA com Decisão Mais Próxima

Por forma a obter decisões o mais perto possível das que estão presentes na experiência fornecida foram variados parâmetros como o número de nodos, camadas, os dados teste e os dados de treino, etc.

As primeiras tentativas foram longe do pretendido e não foi possível sequer a rede convergir para um comportamento pois o erro a que esta tinha de obedecer era de uma grandeza muito baixa, aumentando este valor conseguiu-se que a rede fosse treinada e convergisse.

Os testes realizados foram obtidos pela variação de parâmetros, um pouco aleatórios dada a baixa experiência do grupo. Foi então obtida a seguinte tabela – tabela 1 – que identifica os parâmetros usados em cada teste.

Testes	Dados Treino	Dados Teste	Algoritmo	Camadas e Neurónios	Threshold	Atributos	Tempo
1	1:700	701:844	Default	2 camadas = (20,16)	0.01	9 (Todos)	6min.
2	1:700	701:844	Default	2 camadas = (8,6)	0.1	9 (Todos)	2min.
3	1:700	701:844	Default	2 camadas = (16,8)	0.1	4(KDT,MAM,MVM,TBC)	3min.
4	1:700	701:844	Default	3 camadas = (20,16,8)	0.1	9 (Todos)	5min.
5	1:700	701:844	Default	2 camadas = (16,8)	0.1	9 (Todos)	1min.
6	1:700	701:844	Default	2 camadas = (8,6)	0.1	9 (Todos)	<1min.
7	1:700	701:844	sag	2 camadas = (16,8)	0.1	9 (Todos)	3min.
8	1:700	701:844	Default	2 camadas = (20,16)	0.1	9 (Todos)	3min.

Tabela 1 - Dados usados para testes

Com estes testes foram obtidos os resultados que se podem verificar na tabela 2, dado que o objetivo era “imitar” o comportamento da rede que gerou os dados disponibilizados, foi utilizado um método de escolha que apenas olha ao número de “unidades falhadas”.

Testes	Error	Threshold	Steps
1	-	-	-
2	168.7629203	0.0935584923	18325
3	177.6783951	0.08916475274	96230
4	-	-	-
5	62.99818819	0.09602170327	26713
6	181.0426652	0.09735742473	12358
7	77.38043285	0.09810262053	45187
8	15.47814457	0.09697254518	33153

Tabela 2 -Resultados dos testes

Este número foi obtido, para cada teste, através do cálculo da soma das diferenças em módulo do valor previsto pela rede e do valor pretendido, obtendo assim a seguinte tabela – tabela 3.

Testes	Unidades Falhadas
1	-
2	186
3	186
4	-
5	186
6	182
7	220
8	194

Tabela 3 - Unidades Falhadas de cada teste

De todas as variações construídas a mais próxima dos resultados disponibilizados, calculada pela quantidade de unidades falhadas, ou seja, fazendo a diferença entre a resposta da rede neuronal e a resposta pretendida e, somando o módulo dos valores, foi obtida com os parâmetros:

- Casos de treino: [1:700] dos dados disponibilizados;
- Casos de teste: [701:844] dos dados disponibilizados;
- Todos os atributos fornecidos;
- Duas camadas, 8 neurónios na primeira e 6 na segunda;
- *Threshold* de 0.1;
- Algoritmo por *default*;

Onde se conseguiram os seguintes valores:

- 182 unidades falhadas;
- 181.0426652 de erro;
- 0.09735742473 de *threshold*;
- 12358 *steps*.

Correspondente ao teste 6. É de notar que apesar de existirem testes com melhores valores para os restantes parâmetros (por exemplo erro), como o objetivo é atingir os valores de dados teste a decisão baseou-se no teste com menor número de unidades falhadas.

4.2. Desafio 2 – Escala Identificadora de Fadiga

Tal como já foi mencionado, neste segundo desafio proposto é pretendido que se altere a escala de sete níveis de fadiga para uma escala com dois níveis, que apenas identifica se existe ou não fadiga.

Seguindo o senso comum e decidindo que estar Ok é ainda não demonstrar qualquer fadiga a escala foi dividida de 1 a 3, inclusive, em não ter qualquer sinal de fadiga e de 4 a 7, inclusive, apresentar já sinais de fadiga.

O método utilizado para a construção das redes neuronais, tal como no desafio anterior, foi a variação de parâmetros como o número de nodos e camadas, a tabela 4 demonstra os valores de cada parâmetro utilizado em cada teste.

Testes	Dados Treino	Dados Teste	Algoritmo	Camadas e Neurónios	Threshold	Atributos	Tempo
1	1:700	701:844	Default	2 camadas =(8,6)	0.1	9 (Todos)	1min.
2	1:700	701:844	Default	2 camadas =(16,8)	0.1	4(DDC,MAM,MVM,AED)	<1min.
3	1:700	701:844	Default	2 camadas =(20,16)	0.1	9 (Todos)	1min.
4	1:700	701:844	Default	2 camadas =(4,2)	0.01	2 (MAM,MVM)	<1min.
5	1:700	701:844	Default	2 camadas =(8,6)	0.1	4(MAM,MVM,DDC,DMS)	<1min.
6	1:700	701:844	Default	2 camadas =(10,8)	0.1	8 (Todos exceto Task)	<1min.
7	1:700	701:844	Default	2 camadas =(30,15)	0.1	9 (Todos)	1min.
8	1:700	701:844	Default	2 camadas =(50,40)	0.1	9 (Todos)	2min.

Tabela 4 - Dados usados para os testes

Para estes testes os resultados obtidos foram os seguintes:

Testes	Error	Threshold	Steps
1	26.5667975	0.08258607406	6797
2	29.10708517	0.09630905422	18165
3	4.822427697	0.09987366954	16251
4	51.0215376	0.009913180645	24248
5	38.10694219	0.09929191445	11717
6	14.00029961	0.0990107609	15600
7	1.909048147	0.09990094724	16516
8	0.2699905278	0.09934648589	9161

Tabela 5 -Resultados dos teste

Durante estas variações foi possível constatar que à medida que o número de neurónios aumenta tanto o erro como o número de passos diminui. Para além disto, ao diminuir o número de atributos de *input* o erro aumenta, o que nos leva a decidir utilizar os 10 atributos para obter um melhor resultado. Tendo isto em conta, e como o objetivo principal será reduzir o erro, o teste que consideramos mais indicado para a resolução deste problema é o teste que utiliza os seguintes parâmetros:

- Casos de treino: [1:700] dos dados disponibilizados;
- Casos de teste: [701:844] dos dados disponibilizados;
- Todos os atributos fornecidos;
- Duas camadas, 50 neurónios na primeira e 40 na segunda;
- *Threshold* de 0.1;
- Algoritmo por *default*;

Onde são obtidos os seguintes resultados:

- 0.2699905278 de erro;
- 0.09934648589 de *threshold*;
- 9161 *steps*.

Note-se que poderia aumentar-se ainda mais o número de nodos mas a variação na diminuição do erro será mínima...

Tal como no desafio anterior, os resultados dos testes encontram-se por completo em anexo na secção de desafio 2.

4.3. Desafio 3 – Escala Mais Indicada

Neste último desafio é pedido que se identifique qual a escala mais apropriada para o problema, para isto criaram-se redes neuronais para diferentes escalas e compararam-se os valores dos erros das mesmas.

As escalas criadas e os testes correspondentes foram:

- **Teste 1:** Escala de 7 níveis, idêntica à disponibilizada;

- **Teste 2:** Escala de 6 níveis, esta une o nível 6 e 7 da anterior, em termos de resultados será esperado que sejam similares aos da escala anterior pois nos casos de treino e teste não existe qualquer caso com resultado 7 de nível de fadiga;
- **Teste 3:** Escala de 5 níveis, unindo os níveis 5 e 4 da escala de 7 níveis;
- **Teste 4:** Escala de 5 níveis, unindo os níveis 2 e 3 da escala de 7 níveis;
- **Teste 5:** Escala de 4 níveis, unindo os níveis 1 a 2 da escala de 7 níveis, os níveis 4 e 5 da mesma e finalmente os níveis 6 e 7;
- **Teste 6:** Escala de 3 níveis, obtida pela união dos níveis 1 e 2 da escala com 7 níveis, e os níveis 4,5,6 e 7;
- **Teste 7:** Escala de 3 níveis, unindo os níveis 1,2 e 3, os níveis 4 e 5 e ainda os níveis 6 e 7 da escala de 7 níveis;
- **Teste 8:** Escala de 2 níveis, já utilizada no desafio número dois deste trabalho prático.

	Primeira ronda de testes			Segunda ronda de testes		
	Erro	Threshold	Steps	Erro	Threshold	Steps
Teste 1	11.07531607	0.09863818107	38929	15.53881078	0.09963276669	36090
Teste 2	10.48619602	0.09920660501	36535	12.28460929	0.09644114657	42955
Teste 3	18.62542792	0.09829971592	52189	15.1568844	0.0987377886	34861
Teste 4	9.140345767	0.0935282354	35452	6.434509689	0.09911087559	21924
Teste 5	10.09699008	0.09981006275	25109	10.08447533	0.09911773449	37807
Teste 6	12.31500399	0.08759471436	33231	5.870310109	0.09950673146	38582
Teste 7	2.876720765	0.09674010573	25809	3.198930515	0.09799707195	17710
Teste 8	3.825953218	0.09934976269	15608	5.392447048	0.0937653441	13658

Tabela 6 - Resultados dos testes

A rede neuronal escolhida foi então a correspondente ao teste 7 da tabela 6, o que nos leva a concluir que a escala mais apropriada é de 3 níveis o que corresponde a:

- Nível 1: Bem sem fadiga visível;
- Nível 2: Estado um pouco fatigado.
- Nível 3: Fatigado, bastante cansado.

Note-se que a fórmula usada para a construção da rede neuronal usada corresponde ao teste 3 do segundo ponto, decidiu-se desta forma porque o erro é já bastante baixo e aceitável e o número de nodos não é exageradamente alto. Note-se também que foram realizadas 2 rondas de teste para que a certeza da escolha fosse estatisticamente mais fiável.

5. Extras- Identificação da Tarefa

Neste capítulo tentou-se identificar qual o trabalho efetuado, com o maior grau de proximidade aos resultados disponibilizados, e para isso foi usada a mesma abordagem, bem como o mesmo raciocínio, do capítulo anterior.

Numa primeira parte foi utilizada a escala de fadiga inicial, ou seja com os níveis de 0 a 7, posteriormente, na segunda parte foram alterados os dados da fadiga, para dois níveis apenas (0 e 1), tal como no capítulo 4.2.

5.1. Identificação da Tarefa com Escala Completa da Fadiga

Analisando os dados fornecidos, verificou-se a existência de três tipos diferentes de tarefa, Work, office e programming.

Para trabalharmos sobre os dados fornecidos, estes foram alterados da seguinte maneira:

- Work ->0
- Office ->1
- Programming ->2

O método utilizado para a construção das redes neuronais, foi o mesmo usado no capítulo anterior, ou seja, variando os parâmetros bem como número de nodos e camadas.

Testes	Dados Treino	Dados Teste	Algoritmo	Camadas e Neurónios	Threshold	Atributos
1	1:845	600:700	Default	2 camadas = (20,16)	0.01	9 (Todos)
2	1:845	600:700	Default	2 camadas = (8,6)	0.1	9 (Todos)
3	1:845	600:700	Default	2 camadas = (16,8)	0.1	4(KDT,MAM,MVM,TBC)
4	1:845	600:700	Default	3 camadas = (20,16,8)	0.01	9 (Todos)
5	1:845	600:700	Default	2 camadas = (16,8)	0.1	9 (Todos)
6	1:845	600:700	Default	2 camadas = (20,16)	0.1	9 (Todos)

Tabela 7-Dados usados para testes

Para os testes, representados na tabela anterior, os resultados obtidos foram os seguintes:

Testes	Error	Threshold	Steps
1	-	-	-
2	73.41696511	0.09120470748	45396
3	58.8425284	0.06966731668	14962
4	-	-	-
5	32.7643073	0.08971241999	23070
6	7.725810367	0.09827479757	37438

Tabela 8-Resultados dos testes

Testes	Unidades Falhadas
1	-
2	4
3	15
4	-
5	5
6	0

Tabela 9- Unidades Falhadas

Após a análise dos testes, bem como do número de unidades falhadas, fica claro que o teste 6 é o que se aproxima mais aos resultados pretendidos, isto significa que este teste é o melhor comparativamente aos restantes pois possui menor número de unidades falhadas.

O motivo pelo qual este teste, teste 6, tenha dado os melhores resultados consiste num maior número de nodos relativamente ao teste 5,3 e 2, num maior *threshold* relativamente ao teste 1, e num maior número de atributos de *input* relativamente ao teste 3.

5.2. Identificação da Tarefa com Escala Reduzida da Fadiga

Neste ponto, tentou-se verificar se era possível identificar a tarefa efetuada, usando a escala da fadiga redefinida no capítulo 4.2.

Para isso, usaram-se os seguintes testes:

Testes	Dados Treino	Dados Teste	Algoritmo	Camadas e Neurónios	Threshold	Atributos
1	1:845	600:700	Default	2 camadas =(8,6)	0.1	
2	1:845	600:700	Default	2 camadas =(30,15)	0.1	4(KDT,MAM,MVM,TBC)
3	1:845	600:700	Default	2 camadas =(30,15)	0.1	9 (Todos)

Tabela 10-Dados usados para testes

Dos testes realizados, resultaram os seguintes resultados:

Testes	Error	Threshold	Steps
1	70.35132917	0.09726379024	16641
2	9.219552219	0.09523801363	50034
3	2.600991211	0.09752877172	48475

Tabela 11-Resultados dos testes

Testes	Unidades Falhadas
1	15
2	0
3	0

Tabela 12-Unidades Falhadas

Da análise dos resultados, verifica-se que tanto o teste 2 como o teste 3 dão o resultado pretendido apesar do teste 3 ter um menor erro, logo podemos concluir que não precisamos dos 9 valores de *input* para uma boa aproximação aos resultados esperados, apenas os 4 referidos na tabela 10.

6. Conclusões e Sugestões

No final deste trabalho o nosso conhecimento sobre RNA's e experiência neste âmbito incrementou significativamente. Através dos testes realizados conseguimos identificar quais os parâmetros que deveríamos variar e em que sentido para obter os resultados pretendidos.

Passando a exemplificar, uma das conclusões a que chegamos na variação de parâmetros é que o número de nodos da primeira camada tem de ser igual ou maior ao número de *inputs*, uma outra é que caso o erro da rede neuronal é cada vez mais pequeno aquando o aumento do número de nodos (e esse aumento vai sendo cada vez menos significativo) e o tempo de aprendizagem é cada vez maior.

Conseguiu-se ainda constatar que um valor de *threshold* demasiado baixo faz com que a rede neuronal não convirja para um comportamento e que ao diminuir o número de atributos o erro da rede neuronal é incrementado, o que nos leva a entender que quanto mais dados de *input* forem fornecidos mais exata é a decisão.

Assim sendo, no final deste trabalho obtiveram-se novos conhecimentos sobre RNA's e principalmente experiência em relação ao uso de redes neuronais artificiais para solucionar problemas.