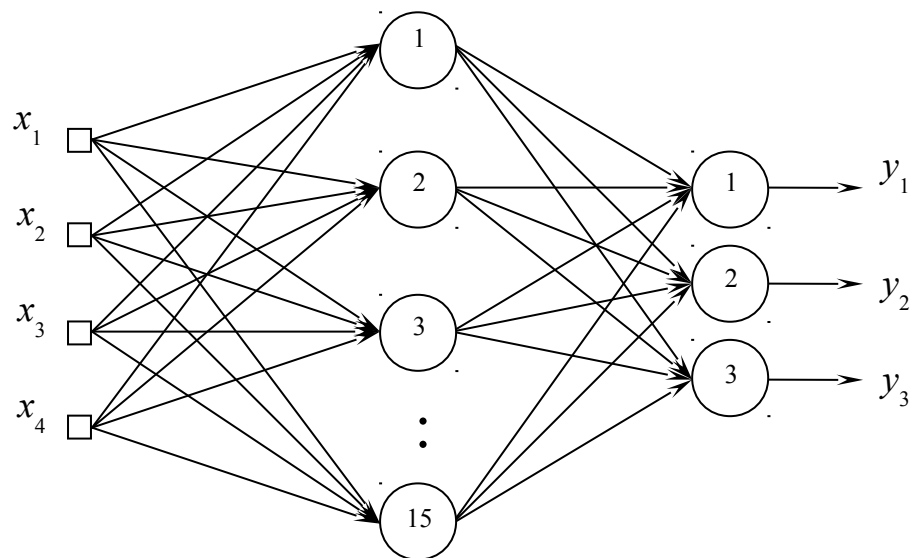


Redes Neurais Artificiais (Prof. Giovani Guarienti Pozzebon)

EPC-5

No processamento de bebidas, a aplicação de um determinado conservante é feita em função da combinação de 04 variáveis reais definidas por x_1 (teor de água), x_2 (grau de acidez), x_3 (temperatura) e x_4 (tensão superficial). Sabe-se que existem apenas três tipos de conservantes que podem ser aplicados, os quais são definidos por tipo A, B e C. A partir dessas variáveis, realizam-se ensaios em laboratório para especificar que tipo de conservante deve ser aplicado em determinada bebida.

A partir de 148 ensaios feitos em laboratório, a equipe de engenheiros e cientistas resolveu aplicar uma rede perceptron multicamadas como classificadora de padrões, visando que a mesma identifique qual conservante será aplicado em determinado lote de bebida. Por questões operacionais da própria linha de produção, utilizar-se-á uma rede perceptron com três saídas conforme apresentado na figura abaixo.



A padronização para a saída, representando o conservante a ser aplicado, ficou definida da seguinte forma:

Tipo de Conservante	y_1	y_2	y_3
Tipo A	1	0	0
Tipo B	0	1	0
Tipo C	0	0	1

Utilizando os dados de treinamento apresentados no Anexo, execute o treinamento de uma rede perceptron multicamadas (04 entradas e 03 saídas) que possa classificar, em função apenas dos valores medidos de x_1 , x_2 , x_3 e x_4 (já normalizados), qual o tipo de conservante que pode ser aplicado em determinada bebida. Para tanto, faça as seguintes atividades:

1. Execute o treinamento da rede Perceptron através do algoritmo de aprendizagem **backpropagation padrão**, inicializando as matrizes de pesos com valores aleatórios entre 0 e 1. Utilize a função de ativação logística (*sigmoid*) para todos os neurônios, taxa de aprendizado $\eta = 0.1$ e precisão $\epsilon = 10^{-6}$.
2. Execute o treinamento da rede Perceptron através do algoritmo de aprendizagem **backpropagation com momentum**, utilizando as mesmas matrizes de pesos iniciais que foram usadas no item anterior. Utilize a função de ativação logística (*sigmoid*) para todos os neurônios, taxa de aprendizado $\eta = 0.1$, fator de momentum $\alpha = 0.9$ e precisão $\epsilon = 10^{-6}$.
3. Para os dois treinamentos realizados acima, trace os respectivos gráficos dos valores de erro quadrático médio (EQM) em função de cada época de treinamento. Imprima os dois gráficos numa mesma folha de modo não superpostos. Meça também o tempo de processamento envolvido com cada treinamento.
4. Dado que o problema se configura como um típico processo de classificação de padrões, implemente a rotina que faz o pós-processamento das saídas fornecidas pela rede (números reais) para números inteiros. Utilize o critério do arredondamento simétrico:

$$y_i^{\text{pós}} = \begin{cases} 1, & \text{se } y_i \geq 0.5 \\ 0, & \text{se } y_i < 0.5 \end{cases}, \text{ utilizado apenas no pós-processamento do conjunto de teste.}$$

Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	d_1	d_2	d_3	$y_1^{\text{pós}}$	$y_2^{\text{pós}}$	$y_3^{\text{pós}}$	y_1	y_2	y_3
1	0.8622	0.7101	0.6236	0.7894	0	0	1						
2	0.2741	0.1552	0.1333	0.1516	1	0	0						
3	0.6772	0.8516	0.6543	0.7573	0	0	1						
4	0.2178	0.5039	0.6415	0.5039	0	1	0						
5	0.7260	0.7500	0.7007	0.4953	0	0	1						
6	0.2473	0.2941	0.4248	0.3087	1	0	0						
7	0.5682	0.5683	0.5054	0.4426	0	1	0						
8	0.6566	0.6715	0.4952	0.3951	0	1	0						
9	0.0705	0.4717	0.2921	0.2954	1	0	0						
10	0.1187	0.2568	0.3140	0.3037	1	0	0						
11	0.5673	0.7011	0.4083	0.5552	0	1	0						
12	0.3164	0.2251	0.3526	0.2560	1	0	0						
13	0.7884	0.9568	0.6825	0.6398	0	0	1						
14	0.9633	0.7850	0.6777	0.6059	0	0	1						
15	0.7739	0.8505	0.7934	0.6626	0	0	1						
16	0.4219	0.4136	0.1408	0.0940	1	0	0						
17	0.6616	0.4365	0.6597	0.8129	0	0	1						
18	0.7325	0.4761	0.3888	0.5683	0	1	0						
Taxa de Acerto:													

5. Faça a validação da rede aplicando o conjunto de teste fornecido na tabela abaixo. Forneça a taxa de acerto (%) entre os valores desejados e os valores fornecidos pela rede (após o pós-processamento) em relação a todos os padrões de teste.

ANEXO

Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	d_1	d_2	d_3	Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	d_1	d_2	d_3
1	0.3841	0.2021	0.0000	0.2438	1	0	0	71	0.3460	0.2722	0.1866	0.5049	1	0	0
2	0.1765	0.1613	0.3401	0.0843	1	0	0	72	0.2241	0.2046	0.3575	0.2891	1	0	0
3	0.3170	0.5786	0.3387	0.4192	0	1	0	73	0.1412	0.2264	0.4025	0.2661	1	0	0
4	0.2467	0.0337	0.2699	0.3454	1	0	0	74	0.5782	0.6418	0.7212	0.6396	0	0	1
5	0.6102	0.8192	0.4679	0.4762	0	1	0	75	0.9153	0.6571	0.8229	0.6689	0	0	1
6	0.7030	0.7784	0.7482	0.6562	0	0	1	76	0.6014	0.7664	0.6385	0.5513	0	0	1
7	0.4767	0.4348	0.4852	0.3640	0	1	0	77	0.7328	0.8708	0.8812	0.7060	0	0	1
8	0.7589	0.8256	0.6514	0.6143	0	0	1	78	0.4270	0.6352	0.6811	0.3884	0	1	0
9	0.1579	0.3641	0.2551	0.2919	1	0	0	79	0.6189	0.1652	0.4016	0.3042	1	0	0
10	0.5561	0.5602	0.5605	0.2105	0	1	0	80	0.2143	0.3868	0.1926	0.0000	1	0	0
11	0.3267	0.2974	0.0343	0.1466	1	0	0	81	0.5696	0.7238	0.7199	0.6677	0	0	1
12	0.2303	0.0942	0.3889	0.1713	1	0	0	82	0.8656	0.6700	0.6570	0.6065	0	0	1
13	0.2953	0.2963	0.2600	0.3039	1	0	0	83	0.9002	0.6858	0.7409	0.7047	0	0	1
14	0.5797	0.4789	0.5780	0.3048	0	1	0	84	0.4167	0.5255	0.5506	0.4093	0	1	0
15	0.5860	0.5250	0.4792	0.4021	0	1	0	85	0.8325	0.4804	0.7990	0.7471	0	0	1
16	0.7045	0.6933	0.6449	0.6623	0	0	1	86	0.4124	0.1191	0.4720	0.3184	1	0	0
17	0.9134	0.9412	0.6078	0.5934	0	0	1	87	1.0000	1.0000	0.7924	0.7074	0	0	1
18	0.2333	0.4943	0.2525	0.2567	1	0	0	88	0.5685	0.6924	0.6180	0.5792	0	1	0
19	0.2676	0.4172	0.2775	0.2721	1	0	0	89	0.6505	0.4864	0.2972	0.4599	0	1	0
20	0.4850	0.5506	0.5269	0.6036	0	1	0	90	0.8124	0.7690	0.9720	1.0000	0	0	1
21	0.2434	0.2567	0.2312	0.2624	1	0	0	91	0.9013	0.7160	1.0000	0.8046	0	0	1
22	0.1250	0.3023	0.1826	0.3168	1	0	0	92	0.8872	0.7556	0.9307	0.6791	0	0	1
23	0.5598	0.4253	0.4258	0.3192	0	1	0	93	0.3708	0.2139	0.2136	0.4295	1	0	0
24	0.5738	0.7674	0.6154	0.4447	0	0	1	94	0.5159	0.4349	0.3715	0.4086	0	1	0
25	0.5692	0.8368	0.5832	0.4585	0	0	1	95	0.6768	0.6304	0.8044	0.4885	0	0	1
26	0.4655	0.7682	0.3221	0.2940	0	1	0	96	0.1664	0.2404	0.2000	0.3425	1	0	0
27	0.5568	0.7592	0.6293	0.5453	0	1	0	97	0.2495	0.2807	0.4679	0.2200	1	0	0
28	0.8842	0.7509	0.5723	0.5814	0	0	1	98	0.2487	0.2348	0.0913	0.1281	1	0	0
29	0.7959	0.9243	0.7339	0.7334	0	0	1	99	0.5748	0.8552	0.5973	0.7317	0	0	1
30	0.7124	0.7128	0.6065	0.6668	0	0	1	100	0.3858	0.7585	0.3239	0.3565	0	1	0
31	0.6749	0.8767	0.6543	0.7461	0	0	1	101	0.3329	0.4946	0.5614	0.3152	0	1	0
32	0.3674	0.4359	0.4230	0.2965	1	0	0	102	0.3891	0.4805	0.7598	0.4231	0	1	0
33	0.3473	0.0754	0.2183	0.1905	1	0	0	103	0.2888	0.4888	0.1930	0.0177	1	0	0
34	0.6931	0.5188	0.5386	0.5794	0	1	0	104	0.3827	0.4900	0.2272	0.3599	0	1	0
35	0.6439	0.4959	0.4322	0.4582	0	1	0	105	0.6047	0.4224	0.6274	0.5809	0	1	0
36	0.5627	0.4893	0.6831	0.5120	0	1	0	106	0.9840	0.7031	0.6469	0.4701	0	0	1
37	0.5182	0.7553	0.6368	0.4538	0	1	0	107	0.6554	0.6785	0.9279	0.7723	0	0	1
38	0.6046	0.7479	0.6542	0.4375	0	1	0	108	0.0466	0.3388	0.0840	0.0762	1	0	0
39	0.6328	0.6786	0.7751	0.6183	0	0	1	109	0.6154	0.8196	0.6339	0.7729	0	0	1
40	0.3429	0.4694	0.2855	0.2977	1	0	0	110	0.8452	0.8897	0.8383	0.6961	0	0	1
41	0.6371	0.5069	0.5316	0.4520	0	1	0	111	0.6927	0.7870	0.7689	0.7213	0	0	1
42	0.6388	0.6970	0.6407	0.7677	0	0	1	112	0.4032	0.6188	0.4930	0.5380	0	1	0
43	0.3529	0.5504	0.3706	0.4828	0	1	0	113	0.4006	0.3094	0.3868	0.0811	1	0	0
44	0.4302	0.3237	0.6397	0.4319	0	1	0	114	0.7416	0.7138	0.6823	0.6067	0	0	1
45	0.7078	0.9604	0.7470	0.6399	0	0	1	115	0.7404	0.6764	0.8293	0.4694	0	0	1
46	0.7350	0.8170	0.7227	0.6279	0	0	1	116	0.7736	0.7097	0.6826	0.8142	0	0	1
47	0.7011	0.2946	0.6625	0.4312	0	1	0	117	0.5823	0.9635	0.3706	0.5636	0	1	0
48	0.5961	0.3817	0.6363	0.3663	0	1	0	118	0.2081	0.3738	0.3119	0.3552	1	0	0
49	0.0000	0.2563	0.2603	0.3027	1	0	0	119	0.5616	0.8972	0.5186	0.6650	0	0	1
50	0.5996	0.5704	0.6965	0.6548	0	0	1	120	0.6594	0.8907	0.6000	0.7157	0	0	1
51	0.4289	0.3709	0.3994	0.3656	0	1	0	121	0.3979	0.3070	0.3637	0.1220	1	0	0
52	0.2093	0.3655	0.3334	0.1802	1	0	0	122	0.2644	0.0000	0.3572	0.1931	1	0	0
53	0.2335	0.2856	0.3912	0.1601	1	0	0	123	0.4816	0.4791	0.4213	0.5889	0	1	0
54	0.3266	0.7751	0.4356	0.3448	0	1	0	124	0.0848	0.0749	0.4349	0.3328	1	0	0
55	0.2457	0.1203	0.1228	0.2206	1	0	0	125	0.4608	0.6775	0.3533	0.3016	0	1	0
56	0.4656	0.4815	0.4211	0.4862	0	1	0	126	0.4155	0.6589	0.5310	0.5404	0	1	0
57	0.7511	0.8868	0.5408	0.6253	0	0	1	127	0.3934	0.6244	0.4817	0.4324	0	1	0
58	0.7825	0.9386	0.6510	0.6996	0	0	1	128	0.5843	0.8517	0.8576	0.7133	0	0	1
59	0.3463	0.4118	0.2507	0.0454	1	0	0	129	0.1995	0.3690	0.3537	0.3462	1	0	0
60	0.5172	0.1482	0.3172	0.2323	1	0	0	130	0.3832	0.2321	0.0341	0.2450	1	0	0
61	0.6942	0.4516	0.5387	0.5983	0	1	0								
62	0.7586	0.7017	0.7120	0.7509	0	0	1								
63	0.6880	0.6004	0.6602	0.4320	0	1	0								
64	0.4742	0.5079	0.4135	0.4161	0	1	0								
65	0.4419	0.5761	0.4515	0.4497	0	1	0								
66	0.3367	0.4333	0.2336	0.1678	1	0	0								
67	0.4744	0.4604	0.1507	0.4873	1	0	0								
68	0.7510	0.4350	0.5453	0.4831	0	1	0								

69	0.4045	0.5636	0.2534	0.5573	0	1	0								
70	0.1449	0.1539	0.2446	0.0559	1	0	0								