

Reconhecimento de Dígitos Cursivos

...

Carlos Rodrigo e Giovanni Paolo

Reconhecimento de Escrita

- O que é?
- Segmentação de palavras
- Extração de caracteres
- Reconhecimento de caracteres

Reconhecimento de Escrita

- Aprendizado Online
- Aprendizado Offline

Aplicações

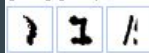
- Reconhecimento de assinatura
- Processamento de cheques bancários
- Reconhecimento de endereços em postagens de correio

Resultados Atuais

- Rede Neural com 6 camadas (usando GPU)
 - Taxa de erro: 0.35%
- Comitê de 35 RN convolucionais
 - Taxa de erro: 0.23%
- Humanos
 - Taxa de erro: ~1%



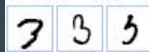
3818 6597

$$0 \Rightarrow 6 \quad 0 \Rightarrow 7$$


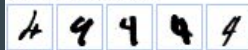
2018 2182 5457

 $1 \Rightarrow 7 \quad 1 \Rightarrow 3 \quad 1 \Rightarrow 8$ 

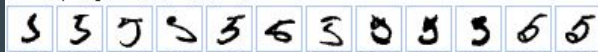
4176	8059	8094	9664
------	------	------	------

$$2 \Rightarrow 7 \quad 2 \Rightarrow 1 \quad 2 \Rightarrow 8 \quad 2 \Rightarrow 7$$


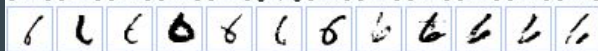
1681	2280	4740
------	------	------

 $3 \Rightarrow 7 \quad 3 \Rightarrow 5 \quad 3 \Rightarrow 5$ 

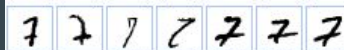
247 2130 8520 8527 9792

$$4 \Rightarrow 6 \quad 4 \Rightarrow 9 \quad 4 \Rightarrow 9 \quad 4 \Rightarrow 9 \quad 4 \Rightarrow 9$$


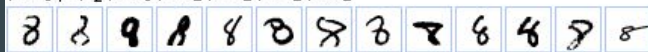
340	674	1299	1737	2035	2040	2597	3558	4360	5937	9729	9770
-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

$$5 \Rightarrow 35 \Rightarrow 35 \Rightarrow 35 \Rightarrow 35 \Rightarrow 35 \Rightarrow 65 \Rightarrow 35 \Rightarrow 05 \Rightarrow 35 \Rightarrow 35 \Rightarrow 65 \Rightarrow 0$$


2135 2654 3365 3422 3762 4699 4838 6558 8287 9627 9679 9698

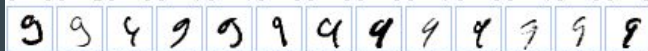
$$6 \Rightarrow 16 \Rightarrow 16 \Rightarrow 16 \Rightarrow 06 \Rightarrow 86 \Rightarrow 16 \Rightarrow 56 \Rightarrow 36 \Rightarrow 86 \Rightarrow 56 \Rightarrow 56 \Rightarrow 2$$


282	1226	3225	3808	9009	9015	9024
-----	------	------	------	------	------	------

$$7 \Rightarrow 37 \Rightarrow 27 \Rightarrow 97 \Rightarrow 27 \Rightarrow 27 \Rightarrow 27 \Rightarrow 2$$


184 582 947 1033 1068 1319 1782 1878 4497 4879 4956 6555 8408

8 => 38 => 28 => 98 => 18 => 48 => 08 => 98 => 38 => 78 => 68 => 48 => 98 => 5



1247 1709 1901 2582 2939 3503 3850 3869 4369 4761 6571 6632 9530

$$9 \Rightarrow 59 \Rightarrow 59 \Rightarrow 49 \Rightarrow 79 \Rightarrow 59 \Rightarrow 19 \Rightarrow 49 \Rightarrow 49 \Rightarrow 49 \Rightarrow 89 \Rightarrow 79 \Rightarrow 89 \Rightarrow 8$$

Objetivos do Trabalho

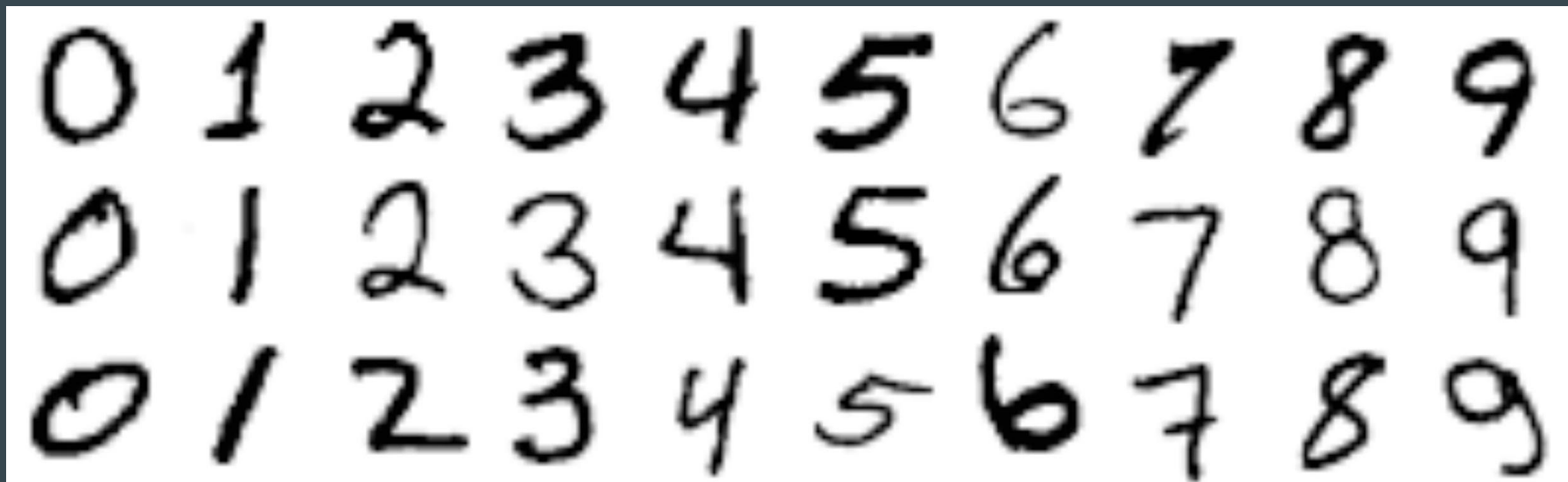
- Reconhecimento individual de dígitos
- Redução da dimensionalidade do problema
- Classificação comparável antes e depois de reduzir a dimensionalidade

Base de Dados Utilizada

- Base de dados MNIST
- Imagens com 784 pixels em tons de cinza [0, 255]
- 60.000 exemplos de treinamento e 10.000 exemplos de teste
- Alta dimensionalidade
 - Redução não-linear de dimensionalidade (NLDR)
 - t-SNE

Base de Dados Utilizada

- Exemplo MNIST



Análise dos Dados

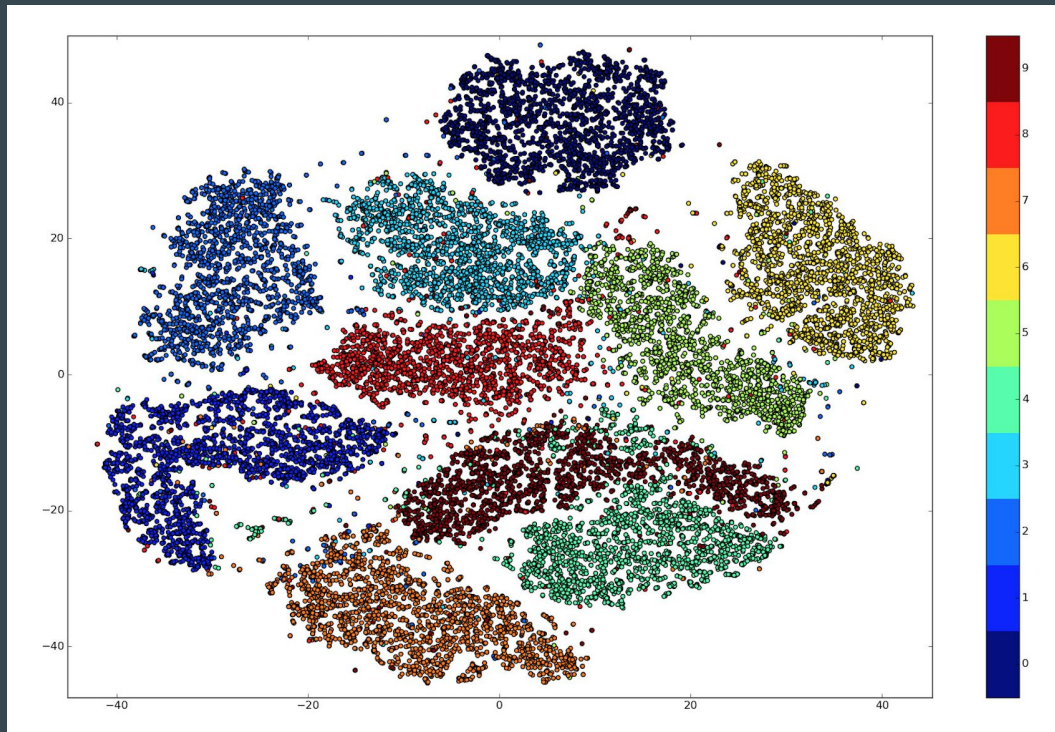
- 5 atributos mais relevantes (InfoGain)

Média e Desvio Padrão para os 5 atributos mais relevantes		
<i>Atributo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>
Pixel 379	113.7	114.3
Pixel 407	132.6	113.9
Pixel 351	90.2	109.3
Pixel 435	138.1	112.5
Pixel 410	129.8	113.3

Tabela 1: Média e Desvio Padrão

Análise dos Dados

- Redução de dimensionalidade (t-SNE)



Seleção de Atributos

- Algoritmos utilizados
 - InfoGain
 - GainRatio
 - Correlation
- Resultados similares

Seleção de Atributos

- Resultados
 - Redução de dimensionalidade retirando pixels das bordas
 - Ganho de informação com redução de 385 atributos
 - 399 atributos finais (49% de redução)

Seleção de Atributos

- Ganho de Informação (InfoGain)

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
2	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
3	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
4	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
5	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
6	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
7	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196
8	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
9	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
10	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
11	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308
12	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336
13	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364
14	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392
15	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
16	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448
17	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476
18	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504
19	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532
20	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560
21	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588
22	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616
23	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644
24	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672
25	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700
26	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728
27	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756
28	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784

- Ganho de Informação (InfoGain)

[illegible]

Abordagens para Classificação

- Estudos com maiores taxas de sucesso utilizam
 - Multilayer Perceptron com backpropagation
 - Redes neurais recorrentes

Trabalhos Futuros

- Extração de caracteres
- Reconhecimento de um grupo mais amplo de caracteres
 - Letras
 - Símbolos
 - Otimização para caracteres de outras línguas

Referências

1. S. Mori, C.Y. Suen & K. Kamamoto, “Historical review of OCR research and development,” Proc. of IEEE, vol. 80, pp. 1029-1058, July 1992.
2. Réjean Plamondon & Sargur N. Srihari “On-line and off-line handwriting recognition: a comprehensive survey.” IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.
3. Anita Pal & Dayashankar Singh, “Handwritten English Character Recognition Using Neural,” Network International Journal of Computer Science & Communication.
4. Michael Gashler, Dan Ventura, e Tony Martinez, “Manifold Learning by Graduated Optimization” IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART B: CYBERNETICS, VOL. 41, NO. 6, DECEMBER 2011.
5. Laurens van der Maaten, Geoffrey Hinton “Visualizing Data using t-SNE” Journal of Machine Learning Research 9 (2008) 2579-2605.
6. G. Cybenko, “Approximation by superpositions of a sigmoidal function,” Math. Contr., Signals, Syst., vol. 2, pp. 303–314, 1989.
7. K. Hornik, M. Stinchcombe and H. White (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. Neural Networks, 2, 359-366.
8. B. Verma, M. Blumenstein & S. Kulkarni, “Recent achievements in off-line handwriting recognition system”
9. Homayoon S.M. Beigi, “An Overview of Handwriting Recognition”