

Machine Augmented Classification

Darryl E. Wright,^{1*} Lucy Fortson,^{1,2} Chris J. Lintott³

¹*School of Physics and Astronomy, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455, USA*

²*Minnesota Institute for Astrophysics, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55454, USA*

³*Department of Physics, University of Oxford, Denys Wilkinson Building, Keble Road, Oxford, OX1 3RH, UK*

Accepted XXX. Received YYY; in original form ZZZ

ABSTRACT

Abstract

Key words: methods: data analysis, methods: statistical, techniques: image processing, surveys, supernovae: general

1 INTRODUCTION

Introduction ...

ACKNOWLEDGMENTS

The Pan-STARRS1 Surveys have been made possible through contributions of the Institute for Astronomy, the University of Hawaii, the Pan-STARRS Project Office, the Max-Planck Society and its participating institutes, the Max Planck Institute for Astronomy, Heidelberg and the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, The Johns Hopkins University, Durham University, the University of Edinburgh, Queen’s University Belfast, the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, the Las Cumbres Observatory Global Telescope Network Incorporated, the National Central University of Taiwan, the Space Telescope Science Institute, the National Aeronautics and Space Administration under Grant No. NNX08AR22G issued through the Planetary Science Division of the NASA Science Mission Directorate, the National Science Foundation under Grant No. AST-1238877, the University of Maryland, and Eotvos Lorand University (ELTE) and the Los Alamos National Laboratory. The development of the Zooniverse platform was supported by a Global Impact Award from Google. We also acknowledge support from STFC under grant ST/N003179/1. LF and MB were partially supported by the National Science Foundation under Grant No. AST-1413610. We also wish to acknowledge the dedicated effort of our citizen scientists who have made this work possible.

This paper has been typeset from a T_EX/L^AT_EX file prepared by the author.

* E-mail: darryl@zooniverse.org

cluster index	m	majority class	class fractions									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	160	0	0.981	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000
2	152	8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.987	0.000
3	90	3	0.022	0.000	0.000	0.489	0.000	0.333	0.044	0.078	0.011	0.022
4	108	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	71	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	209	1	0.000	0.995	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	143	2	0.000	0.021	0.951	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	115	9	0.000	0.000	0.000	0.009	0.009	0.026	0.000	0.000	0.000	0.957
9	123	3	0.000	0.000	0.000	0.740	0.000	0.008	0.000	0.000	0.244	0.008
10	124	4	0.008	0.000	0.016	0.000	0.823	0.000	0.000	0.024	0.000	0.129
11	95	0	0.947	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	113	8	0.000	0.000	0.000	0.257	0.000	0.239	0.000	0.000	0.504	0.000
13	164	8	0.006	0.006	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.976	0.000
14	121	5	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.983	0.000	0.000	0.008	0.000
15	141	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
16	81	7	0.000	0.000	0.185	0.037	0.037	0.000	0.000	0.728	0.012	0.000
17	132	5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.985	0.015	0.000	0.000	0.000
18	111	2	0.000	0.000	0.973	0.009	0.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
19	118	3	0.000	0.000	0.000	0.932	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000
20	91	2	0.000	0.000	0.989	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
21	165	3	0.000	0.000	0.006	0.782	0.000	0.164	0.000	0.000	0.006	0.042
22	79	2	0.000	0.000	0.937	0.000	0.013	0.025	0.000	0.000	0.013	0.013
23	199	9	0.000	0.000	0.000	0.005	0.302	0.000	0.000	0.020	0.000	0.673
24	148	8	0.000	0.000	0.007	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.953	0.014
25	141	2	0.000	0.014	0.979	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	114	6	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.035	0.956	0.000	0.000	0.000
27	91	2	0.000	0.000	0.989	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
28	84	0	0.988	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000
29	127	7	0.000	0.079	0.031	0.039	0.213	0.024	0.000	0.299	0.063	0.252
30	139	3	0.000	0.000	0.000	0.964	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.007
31	89	0	0.966	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	138	9	0.000	0.000	0.007	0.000	0.326	0.000	0.000	0.036	0.007	0.623
33	81	0	0.951	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.025	0.000	0.012	0.000
34	82	2	0.000	0.073	0.890	0.024	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000
35	102	2	0.010	0.000	0.971	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000
36	128	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.016	0.969	0.000	0.000	0.000
37	107	5	0.000	0.000	0.009	0.093	0.000	0.701	0.056	0.000	0.121	0.019
38	162	1	0.000	0.969	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.012	0.012	0.000
39	74	9	0.000	0.014	0.000	0.000	0.135	0.000	0.000	0.297	0.000	0.554
40	101	3	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	107	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.981	0.000	0.019
42	132	5	0.015	0.000	0.000	0.053	0.000	0.864	0.045	0.000	0.023	0.000
43	225	1	0.000	0.996	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
44	72	3	0.000	0.000	0.000	0.986	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000
45	67	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	164	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.982	0.000	0.006
47	88	8	0.000	0.000	0.295	0.159	0.000	0.023	0.000	0.045	0.477	0.000
48	155	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.329	0.006	0.000	0.052	0.000	0.613
49	80	2	0.000	0.013	0.963	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.013	0.000
50	154	5	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.981	0.006	0.000	0.006	0.000
51	117	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.077	0.000	0.906
52	71	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
53	66	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	138	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.986	0.000	0.014
55	103	9	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.194	0.049	0.728
56	89	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
57	79	3	0.000	0.000	0.000	0.987	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
58	62	8	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.968	0.000
59	87	4	0.000	0.034	0.000	0.000	0.954	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
60	152	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.967	0.000	0.000	0.007	0.013	0.013
61	71	6	0.028	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.958	0.000	0.000	0.000
62	41	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.195	0.024	0.780
63	59	0	0.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
64	80	3	0.000	0.000	0.000	0.762	0.000	0.013	0.000	0.000	0.188	0.037

Table 1.

cluster index	m	majority class	class fractions									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	70	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.986	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
66	92	7	0.000	0.000	0.011	0.022	0.000	0.000	0.000	0.913	0.011	0.043
67	110	8	0.000	0.009	0.082	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.818	0.000
68	29	2	0.000	0.000	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.345	0.034	0.000
69	82	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
70	66	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.970	0.000	0.000	0.000
71	139	6	0.007	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
72	60	5	0.017	0.000	0.000	0.100	0.000	0.833	0.000	0.000	0.050	0.000
73	129	1	0.000	0.977	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.008
74	67	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.970	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
75	71	0	0.915	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.056	0.000	0.014	0.000
76	38	8	0.000	0.000	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.921	0.000
77	56	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
78	39	3	0.000	0.026	0.026	0.872	0.000	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000
79	70	6	0.014	0.000	0.014	0.000	0.000	0.043	0.900	0.000	0.029	0.000
80	67	5	0.015	0.000	0.000	0.164	0.000	0.463	0.015	0.000	0.299	0.045
81	189	1	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	64	3	0.000	0.000	0.016	0.641	0.000	0.000	0.000	0.000	0.344	0.000
83	57	0	0.895	0.000	0.070	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.018
84	90	7	0.000	0.033	0.011	0.022	0.078	0.000	0.000	0.544	0.000	0.311
85	143	1	0.000	0.986	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
86	30	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.967	0.000	0.033
87	98	8	0.000	0.041	0.051	0.112	0.000	0.235	0.020	0.000	0.531	0.010
88	81	9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.457	0.012	0.469
89	32	6	0.156	0.000	0.000	0.000	0.094	0.000	0.688	0.000	0.000	0.062
90	85	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.306	0.000	0.000	0.000	0.000	0.694
91	45	5	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.956	0.000	0.000	0.022	0.000
92	95	9	0.000	0.011	0.000	0.042	0.337	0.000	0.011	0.021	0.053	0.526
93	76	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
94	85	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.953	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047
95	44	1	0.023	0.977	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	35	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.914	0.000	0.086	0.000
97	73	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.973	0.000	0.014	0.000
98	76	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.645	0.013	0.013	0.039	0.000	0.289
99	93	7	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.957	0.000	0.011
100	52	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.769	0.000	0.000	0.115	0.000	0.115

Table 1.