

The Computer Program RSWHAC

This program carries out the iterative maximum likelihood calculations described by Arthur *et al.* (1996). The situation is that there are D types of habitat, and one or more animals selects one of these habitats a number of times. However, the availability of the habitats changes with each selection. The program estimates selection indices w_i , such that if the availability of habitat j is A_j , then the probability of selecting habitat i is

$$P_i = A_i w_i / \sum A_j w_j.$$

Data Input

This takes the following format:

Line	
1	A title for the data
2	NB,NH, the number of animals and the number of habitats
3	NR(1), the number of observations for animal 1
4	Data for the first choice of animal 1 (see example below)
.	.
.	.
4+NR(1)	Data for the last choice of animal 1 (see example below)
5+NR(1)	NR(2), the number of observations for animal 2
6+NR(1)	Data for the first choice of animal 2 (see example below)
.	Etc.
.	Etc.

Here is an example:

SEPTEMBER-OCTOBER 1990 DATA ON POLAR BEARS

5,4

11

9.97	15.94	17.03	57.06	0	1	0	0	
11.50	16.80	43.94	27.75	0	1	0	0	<i>Habitat availabilities followed by 0-1 indicators to show the choice actually made. The first four choices were habitat 2 here.</i>
0.80	17.94	39.61	41.66	0	1	0	0	
12.67	24.81	30.89	31.63	0	1	0	0	
5.32	15.32	15.10	64.26	1	0	0	0	
13.21	18.59	19.97	48.22	1	0	0	0	
16.78	18.87	21.95	42.40	0	1	0	0	
6.12	11.82	12.45	69.61	0	0	0	1	
4.41	13.16	14.43	68.01	0	0	1	0	
21.56	22.31	17.15	38.98	0	0	1	0	
8.31	12.24	22.68	56.78	0	0	1	0	

14

8.58	17.05	24.96	49.42	0	1	0	0
5.75	10.39	13.67	70.18	0	1	0	0
8.12	11.54	23.43	56.91	1	0	0	0

```

.
.
0.00 0.00 0.00 100.00 0 0 0 1
7
6.13 10.86 13.90 69.11 0 1 0 0
6.35 13.84 47.70 32.12 0 1 0 0
7.62 19.68 38.61 34.09 1 0 0 0
9.14 10.06 11.40 69.40 0 0 0 1
24.90 13.76 13.99 47.35 0 0 0 1
4.42 18.76 16.04 60.77 0 0 1 0
3.65 7.95 28.93 59.47 0 0 1 0

```

Computer Output

The output from the data just shown is as follows:

```

#####
#                               RSWHAC                               #
#                               #                                   #
# Estimation and simulation of iterative ML estimation #
# for situations where the habitat availability changes, #
# as in the paper by Arthur et al. in Ecology 77: 215-27, #
# (1996). #
# # #
#           Windows version 1.0 July, 2000 #
#           Written by Bryan F.J. Manly #
#####

```

Date: 17/ 7/2000 Time: 11:40

Title: SEPTEMBER-OCTOBER 1990 DATA ON POLAR BEARS
Number of animals = 5 Number of habitat types = 4

Animal	Trial	Habitat Chosen	Proportional Habitat Availability			
1	1	2	0.10	0.16	0.17	0.57
1	2	2	0.12	0.17	0.44	0.28
1	3	2	0.01	0.18	0.40	0.42
1	4	2	0.13	0.25	0.31	0.32
1	5	1	0.05	0.15	0.15	0.64
1	6	1	0.13	0.19	0.20	0.48
1	7	2	0.17	0.19	0.22	0.42
1	8	4	0.06	0.12	0.12	0.70
1	9	3	0.04	0.13	0.14	0.68
1	10	3	0.22	0.22	0.17	0.39
1	11	3	0.08	0.12	0.23	0.57
2	1	2	0.09	0.17	0.25	0.49
2	2	2	0.06	0.10	0.14	0.70
2	3	1	0.08	0.12	0.23	0.57
2	4	1	0.05	0.19	0.33	0.43
2	5	1	0.10	0.25	0.42	0.24
2	6	1	0.09	0.14	0.14	0.63
2	7	2	0.16	0.20	0.25	0.39
2	8	3	0.05	0.09	0.13	0.73
2	9	3	0.03	0.14	0.16	0.67
2	10	2	0.21	0.24	0.24	0.31
2	11	3	0.18	0.19	0.23	0.41
2	12	3	0.23	0.15	0.20	0.43
2	13	4	0.06	0.21	0.14	0.58
2	14	3	0.05	0.07	0.12	0.76
3	1	2	0.15	0.13	0.14	0.58
3	2	2	0.11	0.14	0.21	0.54
3	3	2	0.07	0.11	0.17	0.64
3	4	2	0.07	0.16	0.21	0.56
3	5	2	0.05	0.19	0.42	0.34

3	6	2	0.08	0.20	0.38	0.34
3	7	2	0.10	0.16	0.30	0.44
3	8	3	0.08	0.13	0.20	0.60
3	9	3	0.06	0.11	0.12	0.70
3	10	3	0.07	0.13	0.14	0.66
3	11	2	0.13	0.14	0.18	0.56
3	12	3	0.06	0.11	0.13	0.71
3	13	2	0.04	0.13	0.15	0.67
3	14	2	0.22	0.27	0.24	0.27
3	15	2	0.21	0.20	0.28	0.31
3	16	2	0.29	0.18	0.20	0.33
3	17	3	0.12	0.24	0.15	0.49
3	18	3	0.14	0.19	0.18	0.48
4	1	2	0.09	0.10	0.12	0.68
4	2	2	0.06	0.10	0.16	0.68
4	3	2	0.08	0.11	0.14	0.66
4	4	2	0.08	0.14	0.37	0.41
4	5	1	0.09	0.22	0.39	0.30
4	6	2	0.08	0.21	0.31	0.40
4	7	2	0.12	0.20	0.30	0.37
4	8	1	0.12	0.15	0.20	0.53
4	9	2	0.16	0.16	0.17	0.51
4	10	2	0.11	0.12	0.17	0.59
4	11	3	0.06	0.11	0.11	0.71
4	12	3	0.13	0.13	0.12	0.63
4	13	2	0.08	0.13	0.29	0.50
4	14	3	0.13	0.14	0.27	0.46
4	15	3	0.20	0.15	0.19	0.47
4	16	4	0.05	0.11	0.14	0.71
4	17	4	0.00	0.01	0.28	0.71
4	18	4	0.00	0.00	0.00	1.00
5	1	2	0.06	0.11	0.14	0.69
5	2	2	0.06	0.14	0.48	0.32
5	3	1	0.08	0.20	0.39	0.34
5	4	4	0.09	0.10	0.11	0.69
5	5	4	0.25	0.14	0.14	0.47
5	6	3	0.04	0.19	0.16	0.61
5	7	3	0.04	0.08	0.29	0.59

Results of Estimation

Dev1 and Dev2 are deviances at the start and end of iteration

Anim	Dev1	Dev2	Iter	Estimates of Beta Values			
1	37.81	27.56	4	0.32	0.45	0.20	0.03
2	53.96	38.48	4	0.46	0.27	0.26	0.02
3	66.10	25.42	3	0.00	0.72	0.28	0.00
4	60.79	40.01	6	0.19	0.62	0.16	0.03
5	21.91	19.71	4	0.30	0.39	0.22	0.09
All	240.57	168.11	5	0.22	0.52	0.23	0.03

Model	Deviance	Diff	df	p
No selection	240.57			
Constant selection	168.11	72.46	3	0.0000
Variable selection	151.20	16.91	12	0.1529

Information for Examining the Fit of the Model for Variable Selection

Bear	Trial	Used	Probabilities & Residuals for Different Habitats							
1	1	2	0.21	0.47	0.22	0.10	-0.51	1.07	-0.54	-0.34
1	2	2	0.18	0.36	0.43	0.04	-0.46	1.33	-0.86	-0.20
1	3	2	0.01	0.46	0.46	0.07	-0.12	1.08	-0.92	-0.27
1	4	2	0.18	0.50	0.28	0.04	-0.47	1.00	-0.62	-0.20
1	5	1	0.13	0.51	0.23	0.13	2.63	-1.03	-0.54	-0.39
1	6	1	0.23	0.47	0.22	0.08	1.81	-0.93	-0.54	-0.28
1	7	2	0.27	0.44	0.23	0.06	-0.62	1.14	-0.54	-0.25
1	8	4	0.17	0.45	0.21	0.17	-0.45	-0.91	-0.52	2.24
1	9	3	0.12	0.49	0.24	0.16	-0.36	-0.98	1.78	-0.43

1	10	3	0.32	0.47	0.16	0.05	-0.69	-0.94	2.28	-0.23
1	11	3	0.18	0.38	0.32	0.11	-0.48	-0.79	1.46	-0.35
2	1	2	0.25	0.29	0.41	0.05	-0.58	1.56	-0.83	-0.24
2	2	2	0.26	0.28	0.35	0.12	-0.59	1.62	-0.73	-0.37
2	3	1	0.27	0.22	0.44	0.07	1.65	-0.54	-0.88	-0.28
2	4	1	0.13	0.30	0.52	0.05	2.57	-0.66	-1.04	-0.22
2	5	1	0.20	0.30	0.48	0.02	1.98	-0.65	-0.96	-0.14
2	6	1	0.33	0.30	0.28	0.09	1.41	-0.66	-0.62	-0.31
2	7	2	0.37	0.28	0.32	0.03	-0.76	1.62	-0.69	-0.19
2	8	3	0.23	0.27	0.36	0.14	-0.55	-0.61	1.32	-0.40
2	9	3	0.12	0.36	0.40	0.11	-0.37	-0.76	1.22	-0.36
2	10	2	0.43	0.28	0.27	0.02	-0.87	1.60	-0.60	-0.16
2	11	3	0.41	0.25	0.30	0.04	-0.83	-0.58	1.53	-0.19
2	12	3	0.52	0.19	0.25	0.04	-1.04	-0.49	1.73	-0.19
2	13	4	0.22	0.43	0.27	0.08	-0.53	-0.87	-0.61	3.51
2	14	3	0.25	0.23	0.36	0.15	-0.58	-0.55	1.33	-0.42
3	1	2	0.00	0.70	0.30	0.00	0.00	0.65	-0.65	0.00
3	2	2	0.00	0.63	0.37	0.00	0.00	0.76	-0.76	0.00
3	3	2	0.00	0.63	0.37	0.00	0.00	0.76	-0.76	0.00
3	4	2	0.00	0.66	0.34	0.00	0.00	0.72	-0.72	0.00
3	5	2	0.00	0.53	0.47	0.00	0.00	0.94	-0.94	0.00
3	6	2	0.00	0.57	0.43	0.00	0.00	0.87	-0.87	0.00
3	7	2	0.00	0.58	0.42	0.00	0.00	0.84	-0.84	0.00
3	8	3	0.00	0.62	0.38	0.00	0.00	-1.27	1.27	0.00
3	9	3	0.00	0.70	0.30	0.00	0.00	-1.51	1.51	0.00
3	10	3	0.00	0.71	0.29	0.00	0.00	-1.57	1.57	0.00
3	11	2	0.00	0.66	0.34	0.00	0.00	0.71	-0.71	0.00
3	12	3	0.00	0.68	0.32	0.00	0.00	-1.46	1.46	0.00
3	13	2	0.00	0.69	0.31	0.00	0.00	0.67	-0.67	0.00
3	14	2	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00	0.58	-0.58	0.00
3	15	2	0.00	0.65	0.35	0.00	0.00	0.73	-0.73	0.00
3	16	2	0.00	0.71	0.29	0.00	0.00	0.65	-0.65	0.00
3	17	3	0.00	0.80	0.20	0.00	0.00	-1.99	1.99	0.00
3	18	3	0.00	0.73	0.27	0.00	0.00	-1.63	1.63	0.00
4	1	2	0.15	0.53	0.16	0.16	-0.42	0.94	-0.44	-0.44
4	2	2	0.10	0.52	0.21	0.16	-0.34	0.97	-0.52	-0.44
4	3	2	0.12	0.55	0.18	0.15	-0.37	0.90	-0.47	-0.42
4	4	2	0.09	0.51	0.34	0.07	-0.31	0.98	-0.71	-0.27
4	5	1	0.07	0.62	0.27	0.04	3.56	-1.26	-0.61	-0.20
4	6	2	0.07	0.63	0.24	0.06	-0.28	0.77	-0.56	-0.25
4	7	2	0.11	0.61	0.23	0.05	-0.35	0.81	-0.55	-0.23
4	8	1	0.14	0.57	0.20	0.09	2.47	-1.15	-0.49	-0.32
4	9	2	0.18	0.58	0.16	0.08	-0.47	0.85	-0.43	-0.30
4	10	2	0.15	0.54	0.19	0.12	-0.43	0.93	-0.48	-0.37
4	11	3	0.10	0.58	0.15	0.17	-0.33	-1.17	2.39	-0.46
4	12	3	0.17	0.56	0.13	0.13	-0.46	-1.14	2.56	-0.38
4	13	2	0.10	0.51	0.30	0.09	-0.33	0.98	-0.65	-0.32
4	14	3	0.15	0.53	0.25	0.08	-0.41	-1.05	1.74	-0.29
4	15	3	0.22	0.53	0.18	0.08	-0.53	-1.05	2.17	-0.29
4	16	4	0.08	0.56	0.19	0.17	-0.28	-1.14	-0.48	2.19
4	17	4	0.00	0.09	0.63	0.29	0.00	-0.31	-1.30	1.58
4	18	4	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	2	0.12	0.27	0.20	0.41	-0.37	1.64	-0.49	-0.84
5	2	2	0.09	0.26	0.51	0.14	-0.32	1.69	-1.01	-0.41
5	3	1	0.11	0.35	0.39	0.15	2.91	-0.74	-0.80	-0.42
5	4	4	0.18	0.25	0.16	0.41	-0.46	-0.58	-0.44	1.19
5	5	4	0.37	0.26	0.15	0.22	-0.76	-0.60	-0.42	1.90
5	6	3	0.07	0.41	0.20	0.32	-0.28	-0.83	2.01	-0.68
5	7	3	0.07	0.19	0.40	0.34	-0.27	-0.49	1.24	-0.73

Random Number Seed = 654

Bear Beta Values Used for Simulation

1	0.32	0.45	0.20	0.03
2	0.46	0.27	0.26	0.02
3	0.00	0.72	0.28	0.00
4	0.19	0.62	0.16	0.03
5	0.30	0.39	0.22	0.09

Simulation Results

Each row contains deviances and significance indicators followed by estimates of beta values for bear 1, and estimates of the same parameters for all bears

Isim	Dev1	Sig1	Dev2	Sig2								
10	88.98	1	27.92	1	0.67	0.21	0.10	0.02	0.31	0.41	0.27	0.01
20	53.45	1	29.52	1	0.48	0.27	0.20	0.06	0.28	0.45	0.23	0.04
30	101.00	1	16.06	0	0.17	0.66	0.14	0.03	0.10	0.66	0.22	0.02
40	76.77	1	35.50	1	0.47	0.17	0.33	0.03	0.18	0.52	0.28	0.02
50	59.13	1	36.98	1	0.55	0.22	0.22	0.00	0.21	0.53	0.23	0.04
60	59.64	1	38.25	1	0.55	0.43	0.00	0.02	0.25	0.48	0.23	0.03
70	86.85	1	25.54	1	0.45	0.33	0.19	0.03	0.29	0.48	0.22	0.01
80	77.94	1	32.01	1	0.33	0.55	0.07	0.06	0.18	0.63	0.16	0.03
90	96.61	1	24.91	1	0.35	0.40	0.15	0.10	0.22	0.61	0.16	0.02
100	99.71	1	22.62	1	0.31	0.43	0.26	0.00	0.12	0.66	0.20	0.02
Mean	74.28	1.000	28.13	0.860	0.29	0.44	0.24	0.03	0.22	0.52	0.24	0.03
SD	12.18	0.000	7.14	0.347	0.18	0.15	0.11	0.03	0.07	0.06	0.05	0.01

Bear	Mean and SD for Beta Estimates							
1	0.29	0.18	0.44	0.15	0.24	0.11	0.03	0.03
2	0.42	0.15	0.28	0.12	0.28	0.14	0.02	0.02
3	0.00	0.00	0.70	0.09	0.30	0.09	0.00	0.00
4	0.20	0.11	0.61	0.12	0.16	0.07	0.03	0.03
5	0.25	0.24	0.40	0.22	0.23	0.15	0.12	0.09
All	0.22	0.07	0.52	0.06	0.24	0.05	0.03	0.01

Reference

Arthur, S.M., Manly, B.F.J., McDonald, L.L. and Garner, G.W. (1996). Assessing habitat selection when availability changes. *Ecology* 77: 215-27.