

# Homework4

Yuki Joyama

```
# import data
df = haven::read_dta("./data/umaru.dta")
```

## 1. Parametric/Accelerated Failure Time Models

a.

Variables: age, nonwhite, treat, site, ivdrug

Models: Exponential, Weibull, Log-logistic, Log-normal, Generalized Gamma

```
# define the survival object
surv_object <- Surv(time = df$time, event = df$censor)

# fit AFT models with different distributions
aft_exponential <- survreg(surv_object ~ age + nonwhite + treat + site + ivdrug, data = df, dist = "exp")
aft_weibull <- survreg(surv_object ~ age + nonwhite + treat + site + ivdrug, data = df, dist = "weibull")
aft_loglogistic <- survreg(surv_object ~ age + nonwhite + treat + site + ivdrug, data = df, dist = "loglogistic")
aft_lognormal <- survreg(surv_object ~ age + nonwhite + treat + site + ivdrug, data = df, dist = "lognormal")
aft_gen_gamma <- flexsurvreg(surv_object ~ age + nonwhite + treat + site + ivdrug, data = df, dist = "generalized_gamma")

# summarize the results
summary(aft_exponential)
##
## Call:
## survreg(formula = surv_object ~ age + nonwhite + treat + site +
##         ivdrug, data = df, dist = "exponential")
##               Value Std. Error      z      p
## (Intercept)  4.90958    0.25846 19.00 < 2e-16
## age          0.02517    0.00795  3.16  0.0016
## nonwhite     0.25206    0.11451  2.20  0.0277
## treat        0.23213    0.09322  2.49  0.0128
## site         0.13214    0.10446  1.26  0.2059
## ivdrug       -0.41937    0.10477 -4.00 6.3e-05
##
## Scale fixed at 1
##
## Exponential distribution
## Loglik(model)= -3090.3   Loglik(intercept only)= -3109.6
##  Chisq= 38.5 on 5 degrees of freedom, p= 3e-07
## Number of Newton-Raphson Iterations: 4
## n= 575
summary(aft_weibull)
```

```
##
## Call:
## survreg(formula = surv_object ~ age + nonwhite + treat + site +
##         ivdrug, data = df, dist = "weibull")
##               Value Std. Error      z      p
## (Intercept)  4.88997    0.26831 18.22 < 2e-16
## age          0.02570    0.00825  3.11 0.0019
## nonwhite     0.25662    0.11853  2.17 0.0304
## treat        0.23592    0.09652  2.44 0.0145
## site         0.13425    0.10803  1.24 0.2140
## ivdrug       -0.42654    0.10873 -3.92 8.8e-05
## Log(scale)   0.03393    0.03818  0.89 0.3742
##
## Scale= 1.03
##
## Weibull distribution
## Loglik(model)= -3089.9   Loglik(intercept only)= -3108.3
## Chisq= 36.75 on 5 degrees of freedom, p= 6.7e-07
## Number of Newton-Raphson Iterations: 5
## n= 575
summary(aft_loglogistic)
##
## Call:
## survreg(formula = surv_object ~ age + nonwhite + treat + site +
##         ivdrug, data = df, dist = "loglogistic")
##               Value Std. Error      z      p
## (Intercept)  4.15475    0.29057 14.30 < 2e-16
## age          0.03140    0.00904  3.47 0.00052
## nonwhite     0.24853    0.12187  2.04 0.04142
## treat        0.31717    0.10311  3.08 0.00210
## site         0.12539    0.11340  1.11 0.26882
## ivdrug       -0.41386    0.11716 -3.53 0.00041
## Log(scale)  -0.34556    0.03910 -8.84 < 2e-16
##
## Scale= 0.708
##
## Log logistic distribution
## Loglik(model)= -3063.6   Loglik(intercept only)= -3081.6
## Chisq= 35.94 on 5 degrees of freedom, p= 9.8e-07
## Number of Newton-Raphson Iterations: 4
## n= 575
summary(aft_lognormal)
##
## Call:
## survreg(formula = surv_object ~ age + nonwhite + treat + site +
##         ivdrug, data = df, dist = "lognormal")
##               Value Std. Error      z      p
## (Intercept)  4.29843    0.29796 14.43 < 2e-16
## age          0.02821    0.00934  3.02 0.00252
## nonwhite     0.26403    0.12737  2.07 0.03819
## treat        0.26648    0.10695  2.49 0.01271
## site         0.08612    0.11685  0.74 0.46115
## ivdrug       -0.42349    0.12136 -3.49 0.00048
```

```

## Log(scale)    0.22153    0.03441    6.44 1.2e-10
##
## Scale= 1.25
##
## Log Normal distribution
## Loglik(model)= -3069    Loglik(intercept only)= -3084.7
## Chisq= 31.44 on 5 degrees of freedom, p= 7.7e-06
## Number of Newton-Raphson Iterations: 3
## n= 575
summary(aft_gen_gamma)
## age=32.3826086956522,nonwhite=0.252173913043478,treat=0.497391304347826,site=0.304347826086957,ivdru
##      time      est      lcl      ucl
## 1      4 0.99828185 0.99576361 0.99945227
## 2      6 0.99572373 0.99136765 0.99817731
## 3      7 0.99406313 0.98871953 0.99720509
## 4      8 0.99217736 0.98593672 0.99603447
## 5      9 0.99008715 0.98297656 0.99464424
## 6     10 0.98781173 0.97987126 0.99305129
## 7     11 0.98536877 0.97658360 0.99132294
## 8     12 0.98277434 0.97330106 0.98946260
## 9     14 0.97718825 0.96651513 0.98523377
## 10    15 0.97422193 0.96287206 0.98284042
## 11    18 0.96475845 0.95154273 0.97502199
## 12    19 0.96144600 0.94763702 0.97231909
## 13    20 0.95806770 0.94378117 0.96937716
## 14    21 0.95463039 0.93994004 0.96631827
## 15    22 0.95114033 0.93616698 0.96350435
## 16    23 0.94760323 0.93206701 0.96061088
## 17    24 0.94402433 0.92825353 0.95755248
## 18    25 0.94040843 0.92400989 0.95444045
## 19    26 0.93675994 0.91976860 0.95131799
## 20    28 0.92938104 0.91141505 0.94494082
## 21    29 0.92565778 0.90716704 0.94142945
## 22    30 0.92191626 0.90291994 0.93818825
## 23    31 0.91815938 0.89891587 0.93491938
## 24    32 0.91438984 0.89486281 0.93154379
## 25    33 0.91061009 0.89062498 0.92814131
## 26    34 0.90682242 0.88645303 0.92494251
## 27    35 0.90302893 0.88257492 0.92148351
## 28    36 0.89923158 0.87841120 0.91800017
## 29    37 0.89543215 0.87400647 0.91458814
## 30    38 0.89163231 0.86989834 0.91116360
## 31    40 0.88403744 0.86165207 0.90439855
## 32    43 0.87267695 0.84918706 0.89418773
## 33    44 0.86890321 0.84522086 0.89075823
## 34    45 0.86513770 0.84138823 0.88743673
## 35    46 0.86138129 0.83734243 0.88406390
## 36    47 0.85763481 0.83327156 0.88041362
## 37    48 0.85389904 0.82915564 0.87707445
## 38    50 0.84646233 0.82126982 0.87004132
## 39    51 0.84276266 0.81750186 0.86668999
## 40    52 0.83907618 0.81375864 0.86342974
## 41    53 0.83540342 0.81000298 0.86010461

```

## 42	54	0.83174484	0.80630576	0.85659730
## 43	55	0.82810086	0.80253619	0.85327158
## 44	56	0.82447190	0.79872447	0.85005982
## 45	57	0.82085830	0.79493178	0.84684906
## 46	58	0.81726040	0.79102597	0.84364689
## 47	59	0.81367850	0.78700486	0.84044161
## 48	60	0.81011288	0.78283758	0.83708187
## 49	61	0.80656379	0.77869241	0.83373112
## 50	62	0.80303145	0.77477776	0.83038975
## 51	65	0.79253693	0.76394297	0.82052145
## 52	67	0.78562759	0.75675871	0.81439329
## 53	68	0.78219942	0.75307347	0.81123723
## 54	69	0.77878905	0.74947667	0.80788271
## 55	70	0.77539657	0.74604591	0.80453660
## 56	71	0.77202205	0.74264242	0.80120295
## 57	72	0.76866555	0.73926334	0.79788202
## 58	73	0.76532713	0.73590685	0.79457403
## 59	74	0.76200681	0.73257268	0.79127920
## 60	75	0.75870464	0.72926070	0.78812395
## 61	76	0.75542062	0.72597078	0.78519515
## 62	78	0.74890710	0.71945313	0.77911077
## 63	79	0.74567759	0.71622022	0.77595383
## 64	80	0.74246624	0.71297532	0.77306779
## 65	81	0.73927303	0.70966596	0.77019434
## 66	83	0.73294090	0.70312007	0.76439548
## 67	84	0.72980191	0.69988320	0.76119430
## 68	85	0.72668093	0.69667015	0.75800787
## 69	86	0.72357790	0.69348074	0.75483628
## 70	87	0.72049278	0.69034352	0.75188379
## 71	89	0.71437601	0.68398565	0.74632257
## 72	90	0.71134425	0.68083841	0.74355734
## 73	91	0.70833015	0.67771338	0.74080367
## 74	92	0.70533364	0.67460708	0.73806219
## 75	93	0.70235464	0.67151941	0.73533291
## 76	94	0.69939309	0.66854265	0.73261580
## 77	95	0.69644891	0.66553753	0.72991086
## 78	96	0.69352201	0.66235539	0.72721806
## 79	97	0.69061232	0.65933482	0.72453739
## 80	98	0.68771974	0.65633375	0.72186704
## 81	99	0.68484420	0.65330998	0.71920669
## 82	100	0.68198561	0.65039450	0.71634593
## 83	101	0.67914387	0.64744772	0.71349466
## 84	102	0.67631891	0.64443056	0.71065495
## 85	103	0.67351062	0.64159908	0.70783228
## 86	104	0.67071891	0.63878898	0.70519966
## 87	105	0.66794369	0.63599416	0.70257931
## 88	106	0.66518486	0.63321768	0.69993686
## 89	107	0.66244234	0.63046175	0.69720002
## 90	110	0.65431158	0.62230355	0.68911305
## 91	111	0.65163328	0.61951611	0.68658496
## 92	113	0.64632401	0.61409313	0.68156190
## 93	115	0.64107718	0.60904816	0.67658517
## 94	116	0.63847694	0.60645025	0.67411407

## 95	118	0.63332228	0.60127042	0.66917582
## 96	119	0.63076767	0.59863796	0.66662847
## 97	120	0.62822808	0.59603783	0.66408285
## 98	121	0.62570339	0.59354810	0.66154891
## 99	122	0.62319352	0.59103651	0.65902661
## 100	123	0.62069836	0.58854524	0.65651592
## 101	124	0.61821781	0.58604653	0.65401680
## 102	126	0.61330015	0.58107925	0.64905310
## 103	127	0.61086284	0.57857252	0.64658762
## 104	129	0.60603078	0.57360354	0.64168807
## 105	130	0.60363582	0.57114109	0.63925530
## 106	131	0.60125479	0.56869319	0.63683383
## 107	132	0.59888758	0.56626139	0.63458206
## 108	133	0.59653409	0.56384939	0.63235588
## 109	134	0.59419424	0.56145161	0.62996668
## 110	136	0.58955504	0.55669829	0.62520439
## 111	137	0.58725551	0.55434254	0.62283801
## 112	138	0.58496922	0.55211070	0.62048335
## 113	139	0.58269609	0.54970985	0.61814070
## 114	140	0.58043602	0.54734131	0.61581001
## 115	142	0.57595469	0.54273827	0.61143298
## 116	143	0.57373325	0.54045681	0.60933156
## 117	144	0.57152450	0.53818858	0.60724064
## 118	147	0.56497348	0.53147078	0.60078420
## 119	148	0.56281459	0.52925792	0.59861979
## 120	150	0.55853344	0.52491033	0.59449125
## 121	151	0.55641101	0.52268937	0.59244070
## 122	152	0.55430056	0.52052298	0.59039812
## 123	153	0.55220200	0.51836899	0.58829860
## 124	154	0.55011525	0.51622731	0.58616888
## 125	155	0.54804022	0.51409786	0.58412206
## 126	156	0.54597682	0.51198056	0.58208517
## 127	157	0.54392498	0.50987530	0.58008001
## 128	159	0.53985563	0.50570059	0.57613692
## 129	161	0.53583149	0.50157304	0.57227778
## 130	162	0.53383617	0.49952675	0.57036082
## 131	164	0.52987864	0.49546869	0.56635434
## 132	166	0.52596473	0.49146440	0.56249927
## 133	167	0.52402393	0.48948241	0.56057106
## 134	168	0.52209379	0.48751153	0.55853817
## 135	169	0.52017425	0.48555791	0.55651345
## 136	170	0.51826523	0.48383818	0.55449432
## 137	171	0.51636664	0.48212934	0.55263009
## 138	174	0.51073277	0.47690256	0.54662045
## 139	175	0.50887520	0.47490220	0.54477001
## 140	176	0.50702770	0.47291368	0.54292745
## 141	177	0.50519019	0.47093692	0.54109408
## 142	180	0.49973696	0.46507633	0.53564854
## 143	181	0.49793874	0.46314574	0.53385137
## 144	182	0.49615017	0.46122656	0.53206310
## 145	183	0.49437118	0.45932011	0.53028367
## 146	184	0.49260169	0.45746084	0.52851304
## 147	186	0.48909098	0.45399284	0.52499792

```

## 148 187 0.48734962 0.45227521 0.52325333
## 149 188 0.48561750 0.45056763 0.52149664
## 150 189 0.48389456 0.44887002 0.51977763
## 151 190 0.48218074 0.44718230 0.51807378
## 152 191 0.48047596 0.44550439 0.51636480
## 153 192 0.47878016 0.44383621 0.51466416
## 154 193 0.47709329 0.44217768 0.51297181
## 155 196 0.47208557 0.43725950 0.50782995
## 156 198 0.46879056 0.43403794 0.50437266
## 157 199 0.46715592 0.43244098 0.50265635
## 158 200 0.46552976 0.43085315 0.50094820
## 159 203 0.46070167 0.42620578 0.49587798
## 160 204 0.45910890 0.42459134 0.49425672
## 161 207 0.45437958 0.41982878 0.48957584
## 162 208 0.45281928 0.41820730 0.48813428
## 163 209 0.45126695 0.41663139 0.48669977
## 164 210 0.44972255 0.41506414 0.48527227
## 165 211 0.44818602 0.41350550 0.48385172
## 166 212 0.44665730 0.41195541 0.48231714
## 167 215 0.44211750 0.40736865 0.47772545
## 168 216 0.44061950 0.40585684 0.47620929
## 169 217 0.43912906 0.40435115 0.47470027
## 170 218 0.43764611 0.40285273 0.47319833
## 171 220 0.43470252 0.39995078 0.47020475
## 172 222 0.43178832 0.39701041 0.46722857
## 173 224 0.42890312 0.39408675 0.46428041
## 174 225 0.42747127 0.39263676 0.46281674
## 175 226 0.42604652 0.39119458 0.46135937
## 176 227 0.42462883 0.38976017 0.45990806
## 177 228 0.42321814 0.38836533 0.45843207
## 178 231 0.41902768 0.38425097 0.45401251
## 179 232 0.41764457 0.38281831 0.45266404
## 180 233 0.41626823 0.38139312 0.45134855
## 181 237 0.41082978 0.37586671 0.44595715
## 182 238 0.40948667 0.37452020 0.44458808
## 183 239 0.40815007 0.37318072 0.44322681
## 184 242 0.40417893 0.36920402 0.43917992
## 185 243 0.40286796 0.36789219 0.43784314
## 186 244 0.40156330 0.36658716 0.43651238
## 187 245 0.40026490 0.36528888 0.43518471
## 188 246 0.39897272 0.36399730 0.43386258
## 189 248 0.39640686 0.36143404 0.43123605
## 190 250 0.39386540 0.35889703 0.42860364
## 191 253 0.39009829 0.35513996 0.42465670
## 192 255 0.38761648 0.35266701 0.42215496
## 193 256 0.38638434 0.35143994 0.42091241
## 194 259 0.38272254 0.34779583 0.41706195
## 195 260 0.38151336 0.34659335 0.41570386
## 196 267 0.37320523 0.33815089 0.40744653
## 197 268 0.37204025 0.33699066 0.40625126
## 198 273 0.36629519 0.33132817 0.40021430
## 199 274 0.36516192 0.33026934 0.39897899
## 200 276 0.36291086 0.32814893 0.39652438

```

##	201	279	0.35957251	0.32480769	0.39308761
##	202	280	0.35846980	0.32365461	0.39205275
##	203	282	0.35627928	0.32146798	0.38978655
##	204	285	0.35303036	0.31835684	0.38638701
##	205	287	0.35088862	0.31628817	0.38423457
##	206	289	0.34876598	0.31417409	0.38203449
##	207	290	0.34771174	0.31311751	0.38095696
##	208	292	0.34561731	0.31109276	0.37881655
##	209	296	0.34148380	0.30703788	0.37471501
##	210	297	0.34046180	0.30603397	0.37365798
##	211	299	0.33843124	0.30404036	0.37157304
##	212	300	0.33742263	0.30305059	0.37057594
##	213	306	0.33146279	0.29721463	0.36471873
##	214	307	0.33048454	0.29625824	0.36379022
##	215	310	0.32757510	0.29345319	0.36095654
##	216	313	0.32470311	0.29075487	0.35798847
##	217	317	0.32093091	0.28692519	0.35424989
##	218	321	0.31722262	0.28328474	0.35057339
##	219	324	0.31448246	0.28046902	0.34782096
##	220	325	0.31357678	0.27953891	0.34689297
##	221	328	0.31088252	0.27680069	0.34413112
##	222	332	0.30734256	0.27320976	0.34049949
##	223	339	0.30128795	0.26692993	0.33426992
##	224	343	0.29790613	0.26346672	0.33067319
##	225	348	0.29375622	0.25922265	0.32615963
##	226	349	0.29293637	0.25838496	0.32526727
##	227	353	0.28969010	0.25507565	0.32188318
##	228	354	0.28888672	0.25425751	0.32109503
##	229	355	0.28808659	0.25344292	0.32030985
##	230	360	0.28413394	0.24942250	0.31642817
##	231	361	0.28335289	0.24862879	0.31568421
##	232	362	0.28257497	0.24786726	0.31495378
##	233	364	0.28102841	0.24635875	0.31337836
##	234	369	0.27721545	0.24267263	0.30963468
##	235	373	0.27421899	0.23977794	0.30668933
##	236	374	0.27347722	0.23901462	0.30595976
##	237	377	0.27126933	0.23688580	0.30390120
##	238	379	0.26981175	0.23551633	0.30254757
##	239	380	0.26908722	0.23477507	0.30187283
##	240	384	0.26621714	0.23197191	0.29895592
##	241	386	0.26479872	0.23059675	0.29740165
##	242	396	0.25786829	0.22388918	0.29053865
##	243	398	0.25651377	0.22248904	0.28919376
##	244	399	0.25584036	0.22177877	0.28852489
##	245	401	0.25450119	0.22036682	0.28711636
##	246	408	0.24989308	0.21551945	0.28212386
##	247	431	0.23557192	0.20194576	0.26684371
##	248	434	0.23379165	0.20027671	0.26491892
##	249	436	0.23261554	0.19917490	0.26364647
##	250	437	0.23203068	0.19862722	0.26301343
##	251	441	0.22971224	0.19645778	0.26074262
##	252	442	0.22913783	0.19592069	0.26018661
##	253	449	0.22517417	0.19196956	0.25634658



##	254	458	0.22022111	0.18695322	0.25153974
##	255	459	0.21968044	0.18640663	0.25096291
##	256	461	0.21860480	0.18531969	0.24980383
##	257	471	0.21333815	0.18000818	0.24446692
##	258	477	0.21026495	0.17736320	0.24126034
##	259	490	0.20381988	0.17134408	0.23479873
##	260	491	0.20333584	0.17087238	0.23426169
##	261	494	0.20189353	0.16946760	0.23266102
##	262	499	0.19952192	0.16716025	0.23002563
##	263	501	0.19858439	0.16624901	0.22898221
##	264	502	0.19811798	0.16579586	0.22850508
##	265	503	0.19765313	0.16534459	0.22806756
##	266	510	0.19444225	0.16223600	0.22489556
##	267	516	0.19174884	0.15963310	0.22199899
##	268	519	0.19042201	0.15835246	0.22070975
##	269	523	0.18867312	0.15666609	0.21900948
##	270	533	0.18439952	0.15242277	0.21473844
##	271	537	0.18272851	0.15076193	0.21315751
##	272	538	0.18231412	0.15035042	0.21276525
##	273	539	0.18190106	0.14994037	0.21237419
##	274	540	0.18148932	0.14953178	0.21198429
##	275	541	0.18107891	0.14912465	0.21159558
##	276	542	0.18066981	0.14872404	0.21120802
##	277	543	0.18026202	0.14835300	0.21082163
##	278	544	0.17985553	0.14798324	0.21043640
##	279	545	0.17945034	0.14761477	0.21004537
##	280	546	0.17904644	0.14724758	0.20965237
##	281	547	0.17864383	0.14688166	0.20926056
##	282	548	0.17824250	0.14651701	0.20886993
##	283	549	0.17784245	0.14615362	0.20848047
##	284	551	0.17704615	0.14539665	0.20770506
##	285	552	0.17664989	0.14499916	0.20731910
##	286	553	0.17625489	0.14460307	0.20693429
##	287	554	0.17586114	0.14420838	0.20655064
##	288	555	0.17546863	0.14381506	0.20616754
##	289	556	0.17507736	0.14342312	0.20578554
##	290	557	0.17468733	0.14303255	0.20540468
##	291	559	0.17391093	0.14225551	0.20464636
##	292	560	0.17352457	0.14186902	0.20426889
##	293	562	0.17275547	0.14110008	0.20350063
##	294	564	0.17199119	0.14033648	0.20272522
##	295	565	0.17161084	0.13995667	0.20233922
##	296	567	0.17085369	0.13920100	0.20157059
##	297	568	0.17047689	0.13882513	0.20118796
##	298	569	0.17010127	0.13845056	0.20080644
##	299	575	0.16787187	0.13623016	0.19854047
##	300	576	0.16750432	0.13586455	0.19816663
##	301	578	0.16677263	0.13513709	0.19742217
##	302	582	0.16532271	0.13369953	0.19594607
##	303	586	0.16389052	0.13239025	0.19448681
##	304	587	0.16353521	0.13207210	0.19412460
##	305	589	0.16282783	0.13143897	0.19340328
##	306	593	0.16142597	0.13018703	0.19197288



```
## 307 597 0.16004105 0.12895213 0.19055862
## 308 598 0.15969744 0.12864593 0.19020754
## 309 603 0.15799487 0.12712993 0.18853017
## 310 619 0.15271514 0.12193530 0.18366863
## 311 621 0.15207269 0.12131443 0.18307488
## 312 624 0.15111610 0.12031812 0.18213621
## 313 625 0.15079912 0.11998823 0.18180509
## 314 630 0.14922813 0.11842528 0.18016183
## 315 633 0.14829654 0.11759786 0.17918559
## 316 634 0.14798783 0.11732379 0.17886192
## 317 654 0.14199818 0.11150326 0.17295007
## 318 655 0.14170767 0.11121090 0.17268147
## 319 658 0.14084113 0.11034123 0.17181110
## 320 659 0.14055393 0.11005374 0.17147619
## 321 708 0.12742704 0.09813842 0.15830356
## 322 734 0.12114836 0.09230831 0.15184743
## 323 762 0.11485722 0.08619812 0.14510838
## 324 763 0.11464099 0.08598938 0.14489268
## 325 805 0.10604581 0.07826240 0.13609160
## 326 1172 0.05822833 0.03740493 0.08464794
```

i.

ii.

iii.

b.

c.

d.

## 2. Hazard Rates and Survival from Parametric Models

a.

b.

c.

d.