

# **Modelare și Simulare**

## **Proiect**

### **Etapă 1**

**Student: Baciú Claudia-Iuliana**

**Grupa: 1310A**

**Profesor îndrumător: Petru Cașcaval**

**Număr proiect: 4**

**An universitar: 2021-2022**

# Modelare și Simulare – Proiect

## Prezentarea problemei studiate

Să considerăm un sistem a cărui funcționare este afectată de întreruperi accidentale specifice procesului pe care acesta îl realizează. În caz de oprire este necesară intervenția unui muncitor de deservire pentru remediere și repunere în funcțiune. Ca indicator de performanță se folosește disponibilitatea sistemului ce exprimă procentul perioadelor de funcționare. Evident, din considerente economice, pentru sistem se impune o disponibilitate cât mai mare. Pentru muncitorul de deservire se impune un grad de ocupare corespunzător, care să nu ducă însă la suprasolicitare. Astfel, pentru un muncitor sau un grup de muncitori se alocă spre deservire, de regulă, mai multe sisteme. Să notăm cu  $S$  numărul lor. Atunci când numărul de sisteme oprite este mai mare decât numărul muncitorilor de deservire intervine un timp de așteptare până la începerea remedierii care se mai numește și timp de interferență a sistemelor.

Fenomenul de interferență afectează disponibilitatea sistemelor și trebuie redus pe cât posibil. Pentru reducerea timpului de interferență este nevoie de o capacitate de deservire mai mare. În aceste condiții însă gradul de ocupare a muncitorilor va scădea. Prin urmare, trebuie găsită o soluție optimă, de compromis, între cele două tendințe contradictorii.

Pentru simplificarea problemei de interferență, în cadrul acestui proiect vom considera doar cazul cu un singur muncitor care deservește sisteme identice.

Să admitem că pentru procesul studiat sunt două cauze independente de întrerupere accidentală, notate cu  $A$  și  $B$ , iar modulele afectate sunt identificate prin aceleași simboluri. Modelul stohastic primar care descrie acest proces afectat de întreruperi accidentale cuprinde patru variabile aleatoare, și anume:

- $TfA / TfB$  – timpul de funcționare până la prima întrerupere accidentală (prima defectare) care afectează modulul  $A / B$ ;
- $TrA / TrB$  – timpul de remediere în caz de întrerupere a funcționării (defectare) la modul  $A / B$ .

Notăm cu  $\lambda A$  și  $\lambda B$  ratele medii de întrerupere care afectează modulul  $A$  și respectiv,  $B$ . Intensitățile medii de remediere pentru cele două tipuri de întrerupere sunt notate cu  $\mu A$  și respectiv,  $\mu B$ .

Pentru acest model stohastic primar, la care nu intervine fenomenul de interferență, disponibilitatea sistemului și gradul de ocupare a muncitorului de deservire (care sunt de fapt mărimi complementare) sunt ușor de determinat, chiar și pe baza unui raționament intuitiv. Anticipând, disponibilitatea sistemului în acest caz se determină cu relația:

$$D = 1 / \left( 1 + \frac{\lambda_A}{\mu_A} + \frac{\lambda_B}{\mu_B} \right) \times 100 (\%).$$

Proiectul își propune ca pe baza acestui model stohastic primar, ce cuprinde 4 variabilele aleatoare ( $TfA, TfB, TrA, TrB$ ) pentru care trebuie să se cunoască funcția de

repartiție, să se rezolve o problemă de predicție în sensul estimării disponibilității atunci când muncitorului îi sunt alocate spre deservire mai multe sisteme. Mai precis, ne propunem să estimăm disponibilitatea care s-ar putea obține în funcție de numărul  $S$  de sisteme deservite de muncitor.

În vererea creșterii disponibilității sistemelor, pentru unul sau pentru ambele module s-ar putea prevedea câte o rezervă care să înlocuiască în caz de defectare modulul de bază. Astfel, nu orice întrerupere accidentală ar provoca și căderea sistemului. În aceste condiții, problema de predicție studiată este și mai greu de rezolvat.

## Etapa 1.

### Identificarea repartiției pentru variabilele aleatoare primare pe baza unor eșantioane de valori independente

**Pași de rezolvare ai etapei 1 din proiect:**

**Pasul 1.** Valorile din eșantion se ordonează crescător și se determină media aritmetică a lor ( $ma$ ).

***TfA:***

0.0018	0.0033	0.0077	0.0155	0.0246	0.0276	0.0639	0.0713	0.0931	0.1003
0.1006	0.1160	0.1227	0.1495	0.1610	0.1768	0.1798	0.1952	0.1996	0.1997
0.2193	0.2224	0.2268	0.2394	0.2473	0.2479	0.2480	0.3310	0.3383	0.3703
0.3774	0.4020	0.4114	0.4146	0.4214	0.4393	0.4725	0.4988	0.5083	0.5100
0.5135	0.5512	0.5578	0.5585	0.6020	0.6205	0.6462	0.6547	0.7064	0.7317
0.7369	0.7850	0.7970	0.8175	0.8402	0.8469	0.8510	0.8957	0.9126	0.9274
0.9295	0.9313	0.9864	0.9892	1.0051	1.0074	1.0234	1.0269	1.0720	1.0864
1.0878	1.0897	1.0907	1.1062	1.1133	1.1424	1.1489	1.1501	1.1556	1.1605
1.1840	1.2088	1.2098	1.2114	1.2149	1.2383	1.2844	1.3110	1.3410	1.3801
1.3901	1.4419	1.4448	1.4555	1.4601	1.4736	1.4774	1.5340	1.5367	1.5598
1.5635	1.5959	1.5963	1.6173	1.6281	1.6345	1.6393	1.6903	1.6916	1.6998
1.7119	1.7167	1.7196	1.7200	1.7481	1.7709	1.7746	1.7798	1.7971	1.8013
1.8040	1.8267	1.8337	1.8344	1.8439	1.8564	1.8959	1.9028	1.9197	1.9333
1.9550	1.9592	1.9597	1.9681	1.9682	1.9836	1.9956	2.0049	2.0147	2.0369
2.0479	2.0798	2.0818	2.0926	2.1170	2.1385	2.1416	2.1467	2.1527	2.1856
2.2078	2.2861	2.3353	2.3514	2.3598	2.3855	2.4050	2.4338	2.4519	2.4557
2.4866	2.4921	2.5134	2.5213	2.5224	2.5307	2.5350	2.5381	2.5556	2.5778
2.5980	2.6133	2.6342	2.6563	2.6846	2.7014	2.7246	2.7504	2.7607	2.7702
2.7779	2.8310	2.8333	2.8449	2.8579	2.8759	2.8825	2.8957	2.9131	2.9150
2.9195	2.9591	2.9994	3.0015	3.0270	3.0615	3.0696	3.0748	3.0941	3.0982
3.1254	3.1580	3.1720	3.1752	3.2233	3.2444	3.2641	3.2716	3.2776	3.3294
3.3363	3.3590	3.3826	3.4126	3.4143	3.4209	3.4537	3.4601	3.4657	3.4773
3.4807	3.4937	3.4962	3.5092	3.5210	3.5482	3.5648	3.5679	3.6077	3.6896
3.6997	3.7058	3.7279	3.7798	3.7862	3.8358	3.8426	3.8852	3.9272	3.9410
3.9748	3.9983	4.0210	4.0527	4.0791	4.0919	4.1042	4.1078	4.1156	4.1251
4.1377	4.1472	4.2015	4.2594	4.2888	4.3139	4.3184	4.3345	4.3861	4.3922
4.4170	4.4359	4.5226	4.5750	4.6251	4.6656	4.6981	4.7185	4.7938	4.8026

4.8752	4.9077	4.9830	5.0024	5.0161	5.0385	5.0591	5.0819	5.1078	5.1118
5.1495	5.1759	5.3115	5.3444	5.5343	5.5832	5.5897	5.6067	5.6599	5.6753
5.6758	5.7954	5.8433	5.8947	5.9428	5.9908	6.0122	6.0230	6.0578	6.0694
6.1101	6.1878	6.3599	6.3749	6.4442	6.4543	6.4742	6.5427	6.5491	6.5620
6.6147	6.7083	6.7153	6.7766	6.7906	6.8005	6.8400	6.8532	6.8579	6.8697
6.9524	7.0503	7.0522	7.1053	7.1190	7.1722	7.1911	7.1999	7.2433	7.2471
7.2666	7.3731	7.5428	7.5951	7.6159	7.6800	7.8374	7.9191	7.9571	7.9618
7.9657	7.9662	8.0278	8.0698	8.1125	8.1371	8.2390	8.4033	8.4975	8.5049
8.5087	9.0304	9.3808	9.4129	9.4722	9.6179	9.6339	9.6665	9.8407	9.8501
10.0057	10.0323	10.1034	10.1125	10.3614	10.4334	10.5988	10.6446	10.9627	
11.0146	11.1356	11.2923	11.3127	11.3163	11.3722	11.4841	11.6040	11.6995	
12.3461	12.5148	12.6814	13.1470	13.3662	13.7470	14.2303	14.5987	14.6437	
15.1554	15.4903	16.5188	16.8035	16.9880	17.2769	18.1431	19.4375	19.7226	
19.9089	20.6400	23.2124	40.0231						

Media aritmetica  
ma = 4.4174

***TfB:***

0.0047	0.0317	0.0325	0.0368	0.0678	0.0691	0.0962	0.1761	0.1812	0.2066
0.2143	0.2195	0.2415	0.2911	0.3067	0.3380	0.3438	0.3447	0.3907	0.4037
0.4658	0.4831	0.5103	0.5123	0.5125	0.5296	0.5303	0.5451	0.5562	0.5737
0.5789	0.5942	0.5947	0.5962	0.5979	0.6250	0.6736	0.6957	0.7224	0.7247
0.7441	0.7647	0.7711	0.7766	0.7972	0.8050	0.8064	0.8111	0.8507	0.8651
0.8997	0.9075	0.9089	0.9360	0.9384	0.9723	0.9871	0.9900	1.0318	1.0459
1.0537	1.0604	1.0706	1.0767	1.0931	1.1148	1.1156	1.1625	1.2138	1.2514
1.2738	1.2871	1.2946	1.2960	1.3041	1.3137	1.3265	1.3281	1.3330	1.3593
1.3921	1.4292	1.4295	1.4552	1.4866	1.5162	1.5228	1.5333	1.5576	1.6009
1.6081	1.6239	1.6964	1.7012	1.7477	1.7831	1.7995	1.8054	1.8175	1.8306
1.8349	1.8906	1.8909	1.9123	1.9406	1.9548	1.9598	2.0224	2.0871	2.0937
2.1088	2.1314	2.1578	2.1855	2.1975	2.2200	2.2467	2.2627	2.2705	2.3165
2.3477	2.3947	2.4241	2.4300	2.4330	2.4540	2.5179	2.5208	2.5243	2.5268
2.5455	2.6071	2.6174	2.6315	2.6653	2.6730	2.6882	2.7185	2.7610	2.7707
2.7999	2.8096	2.8192	2.8453	2.8574	2.8587	2.8751	2.9282	2.9528	2.9640
2.9697	2.9751	2.9962	3.0120	3.0185	3.0329	3.0970	3.1247	3.1372	3.1474
3.1551	3.1614	3.1963	3.2491	3.2622	3.2969	3.3173	3.3651	3.3764	3.3979
3.4101	3.4474	3.4870	3.5232	3.5561	3.5585	3.5873	3.6034	3.6395	3.6737
3.7084	3.7337	3.7756	3.8226	3.8340	3.8457	3.8652	3.9351	3.9374	3.9596
3.9600	3.9847	4.0450	4.0527	4.0547	4.0754	4.1034	4.1368	4.1506	4.1610
4.2898	4.3362	4.3452	4.3699	4.3951	4.4876	4.5341	4.5438	4.5479	4.5594
4.5638	4.5976	4.6275	4.6309	4.6611	4.7411	4.7593	4.7616	4.8053	4.8374
4.9916	4.9917	5.0057	5.0082	5.0129	5.0581	5.0797	5.1138	5.1201	5.1269
5.1327	5.1475	5.2558	5.2811	5.3477	5.3886	5.3981	5.3985	5.4635	5.4902
5.5189	5.5486	5.6086	5.6176	5.6405	5.6882	5.7027	5.7033	5.7343	5.7473
5.7544	5.7987	5.8032	5.8305	5.9231	5.9354	5.9547	5.9739	5.9877	6.0167
6.0237	6.0472	6.0593	6.2353	6.2880	6.3380	6.3488	6.5086	6.5125	6.5415
6.5528	6.5636	6.9226	7.0574	7.0905	7.2513	7.2795	7.2942	7.3135	7.3401
7.3576	7.4572	7.5622	7.5768	7.6220	7.6338	7.6829	7.7204	7.8044	7.9288
7.9292	7.9585	7.9958	8.0644	8.1628	8.2279	8.3073	8.3847	8.4058	8.4353
8.5498	8.5939	8.5977	8.6124	8.6193	8.6305	8.6481	8.6954	8.9167	8.9718
9.0054	9.0174	9.0930	9.1603	9.1603	9.1691	9.3062	9.4237	9.4696	9.4867
9.7754	9.9430	10.1706	10.2344	10.2477	10.2614	10.2697	10.2908	10.3870	10.3951

10.4166	10.4832	10.7560	10.7862	10.8479	10.9597	11.2521	11.3552	11.4944
11.5260	11.5339	11.8346	11.8393	11.8742	12.0903	12.1264	12.1553	12.1770
12.4360	12.4734	12.6310	12.7953	12.9558	13.2112	13.2882	13.3633	13.3883
13.4775	13.5431	13.5548	13.7132	14.1746	14.1798	14.2682	14.3911	14.4101
14.4223	14.4939	15.3135	15.4243	15.5925	15.5936	15.6996	15.8653	16.2707
16.2777	16.3482	16.7588	17.0344	17.5250	18.0385	18.1691	18.7901	19.1817
19.4522	19.8744	19.9663	21.0899	21.5959	23.3610	24.3366	24.4709	24.8687
25.8254	26.6846	27.1954	27.3985	27.7168	37.0421	47.4302		

Media aritmetica  
ma = 6.0898

## TrA:

0	0.0007	0.0007	0.0015	0.0023	0.0023	0.0025	0.0027	0.0029	0.0038	0.0041
0.0048	0.0048	0.0056	0.0060	0.0068	0.0072	0.0076	0.0085	0.0094	0.0103	0.0113
0.0115	0.0120	0.0157	0.0159	0.0162	0.0175	0.0181	0.0182	0.0186	0.0191	0.0191
0.0207	0.0215	0.0219	0.0225	0.0236	0.0238	0.0252	0.0259	0.0262	0.0268	0.0268
0.0274	0.0278	0.0280	0.0286	0.0292	0.0296	0.0297	0.0297	0.0306	0.0309	0.0322
0.0343	0.0352	0.0354	0.0374	0.0381	0.0383	0.0390	0.0391	0.0394	0.0402	0.0402
0.0405	0.0411	0.0416	0.0421	0.0432	0.0436	0.0468	0.0489	0.0501	0.0505	0.0510
0.0511	0.0519	0.0532	0.0533	0.0538	0.0546	0.0554	0.0555	0.0587	0.0605	0.0621
0.0626	0.0628	0.0630	0.0632	0.0632	0.0639	0.0646	0.0653	0.0669	0.0672	0.0688
0.0699	0.0701	0.0724	0.0725	0.0729	0.0740	0.0761	0.0771	0.0771	0.0791	0.0808
0.0816	0.0836	0.0845	0.0860	0.0864	0.0870	0.0890	0.0896	0.0901	0.0930	0.0941
0.0948	0.0961	0.0961	0.0963	0.0974	0.0981	0.0994	0.1000	0.1030	0.1036	0.1040
0.1048	0.1048	0.1060	0.1068	0.1071	0.1074	0.1077	0.1078	0.1088	0.1094	0.1111
0.1129	0.1131	0.1135	0.1148	0.1153	0.1155	0.1161	0.1169	0.1185	0.1186	0.1190
0.1204	0.1221	0.1223	0.1235	0.1242	0.1252	0.1257	0.1263	0.1271	0.1278	0.1283
0.1290	0.1295	0.1301	0.1311	0.1313	0.1313	0.1318	0.1332	0.1337	0.1367	0.1382
0.1386	0.1402	0.1403	0.1433	0.1450	0.1453	0.1464	0.1467	0.1469	0.1487	0.1503
0.1508	0.1518	0.1527	0.1558	0.1559	0.1624	0.1645	0.1685	0.1694	0.1712	0.1716
0.1742	0.1745	0.1752	0.1767	0.1768	0.1775	0.1789	0.1797	0.1819	0.1821	0.1828
0.1828	0.1864	0.1868	0.1869	0.1874	0.1888	0.1908	0.1930	0.2001	0.2004	0.2005
0.2032	0.2041	0.2046	0.2054	0.2055	0.2084	0.2098	0.2150	0.2155	0.2161	0.2196
0.2199	0.2220	0.2229	0.2255	0.2255	0.2260	0.2286	0.2331	0.2333	0.2355	0.2363
0.2379	0.2410	0.2415	0.2420	0.2424	0.2438	0.2464	0.2502	0.2509	0.2546	0.2554
0.2614	0.2622	0.2649	0.2652	0.2654	0.2655	0.2668	0.2677	0.2683	0.2684	0.2698
0.2702	0.2704	0.2711	0.2715	0.2724	0.2786	0.2851	0.2854	0.2862	0.2895	0.2955
0.2960	0.2970	0.3013	0.3030	0.3035	0.3050	0.3051	0.3055	0.3148	0.3188	0.3195
0.3211	0.3225	0.3229	0.3233	0.3237	0.3239	0.3272	0.3275	0.3366	0.3376	0.3385
0.3408	0.3427	0.3441	0.3507	0.3541	0.3576	0.3617	0.3639	0.3643	0.3683	0.3686
0.3785	0.3791	0.3822	0.3828	0.3912	0.4016	0.4080	0.4119	0.4188	0.4254	0.4266
0.4267	0.4298	0.4375	0.4395	0.4428	0.4441	0.4441	0.4491	0.4493	0.4509	0.4553
0.4604	0.4614	0.4615	0.4635	0.4687	0.4763	0.4796	0.4805	0.4997	0.5040	0.5053
0.5195	0.5247	0.5271	0.5319	0.5326	0.5430	0.5465	0.5471	0.5502	0.5522	0.5561
0.5631	0.5690	0.5729	0.5788	0.5802	0.5912	0.5914	0.6029	0.6143	0.6308	0.6399
0.6429	0.6486	0.6597	0.6715	0.6753	0.6785	0.6795	0.6808	0.6852	0.6909	0.6948
0.6983	0.7105	0.7119	0.7212	0.7350	0.7556	0.7716	0.8324	0.8476	0.8608	0.9062
0.9093	0.9187	0.9211	0.9296	0.9849	0.9937	1.0147	1.0177	1.0728	1.1769	1.1992
1.2503	1.2746	1.4462	1.7870							

Media aritmetica  
ma = 0.2574

**TrB:**

0.0002	0.0018	0.0026	0.0030	0.0034	0.0042	0.0043	0.0044	0.0075	0.0075	0.0076
0.0078	0.0078	0.0090	0.0096	0.0106	0.0116	0.0123	0.0125	0.0134	0.0135	0.0144
0.0167	0.0170	0.0173	0.0179	0.0194	0.0207	0.0213	0.0217	0.0221	0.0224	0.0224
0.0227	0.0236	0.0240	0.0242	0.0259	0.0259	0.0262	0.0272	0.0281	0.0281	0.0285
0.0290	0.0293	0.0294	0.0297	0.0305	0.0313	0.0314	0.0316	0.0318	0.0321	0.0322
0.0328	0.0329	0.0345	0.0349	0.0374	0.0378	0.0399	0.0406	0.0423	0.0423	0.0468
0.0487	0.0490	0.0491	0.0494	0.0499	0.0508	0.0511	0.0517	0.0520	0.0521	0.0523
0.0524	0.0528	0.0548	0.0554	0.0559	0.0574	0.0579	0.0581	0.0583	0.0602	0.0623
0.0642	0.0644	0.0647	0.0654	0.0657	0.0668	0.0679	0.0698	0.0698	0.0699	0.0711
0.0713	0.0738	0.0758	0.0772	0.0776	0.0785	0.0814	0.0816	0.0823	0.0833	0.0837
0.0840	0.0859	0.0862	0.0878	0.0879	0.0885	0.0903	0.0921	0.0923	0.0929	0.0931
0.0935	0.0937	0.0944	0.0950	0.0964	0.0974	0.0989	0.0990	0.1014	0.1021	0.1023
0.1048	0.1054	0.1058	0.1067	0.1068	0.1081	0.1093	0.1094	0.1108	0.1118	0.1135
0.1146	0.1159	0.1183	0.1192	0.1209	0.1211	0.1226	0.1248	0.1254	0.1262	0.1265
0.1330	0.1353	0.1365	0.1372	0.1372	0.1392	0.1393	0.1400	0.1424	0.1438	0.1458
0.1464	0.1493	0.1494	0.1504	0.1505	0.1516	0.1539	0.1545	0.1604	0.1658	0.1664
0.1676	0.1690	0.1710	0.1730	0.1743	0.1769	0.1771	0.1782	0.1805	0.1808	0.1816
0.1816	0.1820	0.1825	0.1845	0.1852	0.1876	0.1890	0.1909	0.1914	0.1917	0.1933
0.1952	0.1962	0.1965	0.1983	0.1987	0.1992	0.1993	0.2003	0.2018	0.2025	0.2039
0.2063	0.2067	0.2091	0.2103	0.2126	0.2136	0.2137	0.2143	0.2192	0.2246	0.2249
0.2300	0.2320	0.2321	0.2334	0.2348	0.2379	0.2431	0.2458	0.2458	0.2465	0.2465
0.2471	0.2489	0.2506	0.2515	0.2515	0.2520	0.2535	0.2543	0.2544	0.2581	0.2604
0.2609	0.2626	0.2663	0.2673	0.2699	0.2723	0.2746	0.2750	0.2783	0.2801	0.2813
0.2825	0.2952	0.2998	0.3014	0.3051	0.3062	0.3071	0.3077	0.3101	0.3121	0.3122
0.3130	0.3159	0.3213	0.3298	0.3315	0.3326	0.3340	0.3364	0.3401	0.3432	0.3439
0.3496	0.3525	0.3541	0.3542	0.3607	0.3616	0.3622	0.3660	0.3697	0.3756	0.3756
0.3763	0.3783	0.3788	0.3810	0.3851	0.3865	0.3905	0.3958	0.3964	0.3984	0.4006
0.4008	0.4027	0.4035	0.4036	0.4039	0.4069	0.4070	0.4078	0.4089	0.4111	0.4114
0.4221	0.4239	0.4269	0.4289	0.4334	0.4392	0.4438	0.4450	0.4459	0.4463	0.4477
0.4484	0.4501	0.4575	0.4589	0.4600	0.4731	0.4772	0.4781	0.4794	0.4813	0.4884
0.4896	0.4913	0.4915	0.4977	0.5056	0.5076	0.5153	0.5164	0.5247	0.5280	0.5316
0.5342	0.5410	0.5450	0.5508	0.5557	0.5622	0.5637	0.5641	0.5712	0.5759	0.5785
0.5855	0.5929	0.5949	0.6007	0.6042	0.6043	0.6094	0.6101	0.6166	0.6293	0.6329
0.6564	0.6576	0.6613	0.6617	0.6755	0.6888	0.7093	0.7141	0.7239	0.7439	0.7520
0.7543	0.7563	0.7626	0.7645	0.8224	0.8226	0.8647	0.8678	0.8970	0.9204	0.9604
0.9690	0.9761	1.0020	1.0180	1.0697	1.2168	1.2398	1.2591	1.2817	1.2847	1.3220
1.3404	1.4395	1.6470	2.6759							

Media aritmetica  
ma = 0.2841

**Pasul 2.** Se adoptă un interval de analiză potrivit  $[0, v]$  care să cuprindă valorile din eşantion sau marea majoritate a lor (între 98% şi 100% din valori).

Variabila aleatoare:	Valoarea lui v:
TfA	24
TfB	38

<b>TrA</b>	<b>1.5</b>
<b>TrB</b>	<b>1.7</b>

**Pasul 3.** Se împart cele N valori ale eșantionului în k intervale, după relația:

$$k=1+3.222*\ln(N)$$

Vom avea următoarele valori pentru eșantioanele date:

<b>Variabila aleatoare:</b>	<b>Valoarea lui k:</b>	<b>Calculat cu formula:</b>
<b>TfA</b>	<b>19</b>	$k=1+3.222*\ln(N)$
<b>TfB</b>	<b>18</b>	$k=1+3.222*\ln(N)-1$
<b>TrA</b>	<b>18</b>	$k=1+3.222*\ln(N)-1$
<b>TrB</b>	<b>17</b>	$k=1+3.222*\ln(N)-2$

**Pasul 4.** Afișarea unei funcții empirice notată cu  $f_e$ , în cele k puncte corespunzătoare vectorului N. Se va lucra cu funcția densitate de repartiție.

**Pasul 5.** Se adoptă o primă estimare a parametrului  $\lambda$  (ca  $1/ma$  sau ca  $5/v$ ) și se compară grafic funcția empirică  $f_e$  cu cea teoretică  $f$ , caracterizată de parametrul  $\lambda_0$ .

<b>Variabila aleatoare:</b>	<b>Valoarea estimatorului <math>\lambda_0</math>:</b>
<b>TfA</b>	<b>0.2263</b>
<b>TfB</b>	<b>0.1642</b>
<b>TrA</b>	<b>3.8850</b>
<b>TrB</b>	<b>3.5198</b>

Graficele cu funcțiile empirice și funcțiile teoretice sunt afișate în paginile următoare pentru a se putea compara direct cu graficele obținute pentru valoarea  $\lambda_{final}$ .

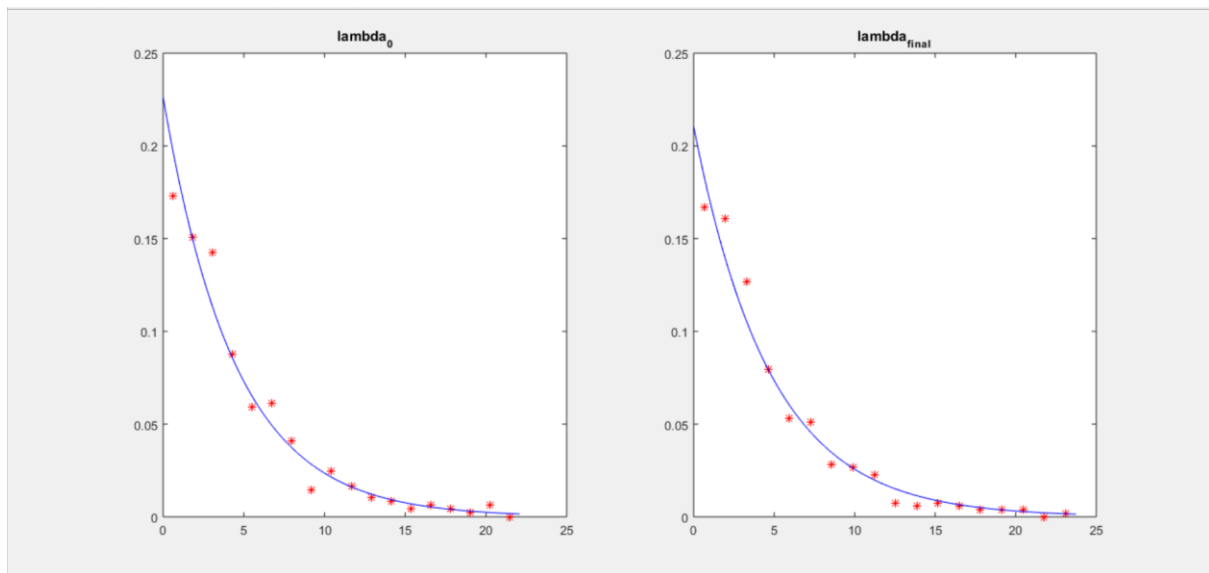
**Pasul 6.** Se caută într-o vecinătate a estimatorului  $\lambda_0$ , intervalul  $[0.5*\lambda_0, 1.5*\lambda_0]$ , valoarea care minimizează funcția criteriu:

<b>Variabila aleatoare:</b>	<b>Valoarea parametrului <math>\lambda_{final}</math>:</b>	<b>Vecinătatea:</b>
<b>TfA</b>	<b>0.2105</b>	<b>[0.11315, 0.33945]</b>

<b>TfB</b>	<b>0.1626</b>	<b>[0.0821 , 0.2463]</b>
<b>TrA</b>	<b>3.8533</b>	<b>[1.9425 , 5.8275 ]</b>
<b>TrB</b>	<b>3.4218</b>	<b>[1.7585 , 5.2785]</b>

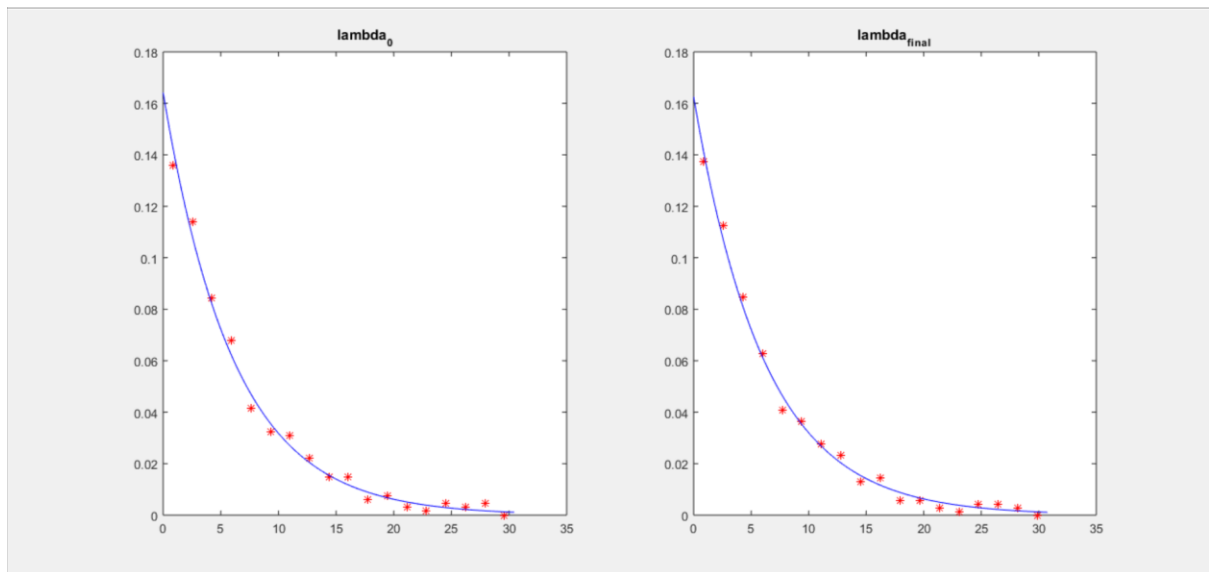
În continuare arătam graficele funcțiilor empirice și teoretice pentru parametrii  $\lambda_0$  și  $\lambda_{\text{final}}$ :

**TfA:**

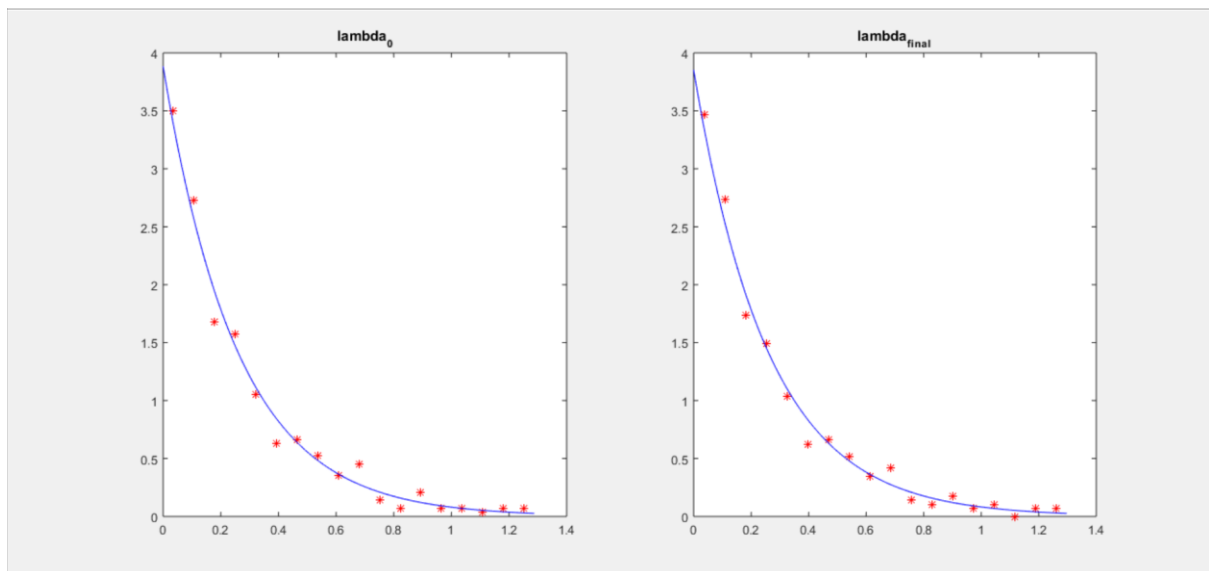


**TfB:**

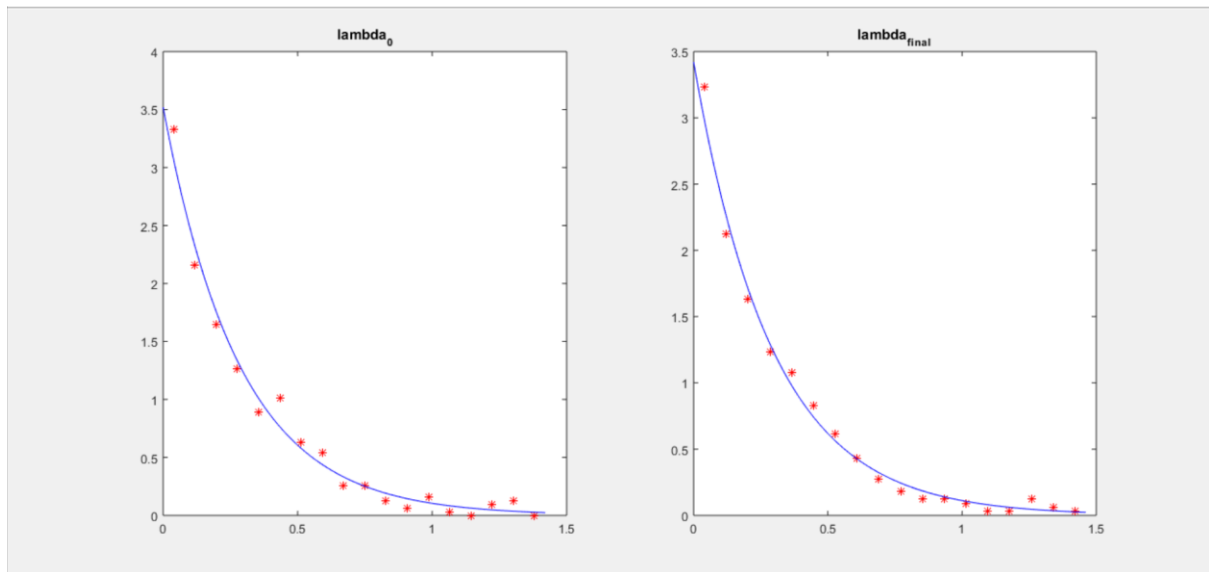




**TrA:**



**TrB:**



### Codul sursă:

```
E=...
E=sort(E);
ma=mean(E);
ma

N=400;
k=round(1+3.222*log(N))-2;
k

lam0=1/ma;
D=5/lam0/k;
x=D:D:5/lam0;

y=x-D/2;
n=zeros(1,k);

for i=1:N
    if E(i)<5/lam0
        j=ceil(E(i)/D);
        n(j)=n(j)+1;
    end;
end;

n
sum(n)

fe=n/N/D;
d=5/lam0/1000;
z=0:d:5/lam0;
f=lam0*exp(-lam0*z);

subplot(1,2,1);
plot(y,fe,'*r');
```

```

title('lambda_0');
hold on;
plot(z,f,'-b');

spdm=30;
pc=lam0/500;
for lam=0.5*lam0:pc:1.5*lam0;
    D=5/lam/k;
    x=D:D:5/lam;
    y=x-D/2;
    n=zeros(1,k);

    for i=1:N
        if E(i)<5/lam
            j=ceil(E(i)/D);
            n(j)=n(j)+1;
        end;
    end;

    fe=n/N/D;
    f=lam*exp(-lam*y);
    spd=sum((fe-f).^2);
    if spd<spdm
        lamF=lam;
        spdm=spd;
    end;

end;

lamF
0.5*lam0
1.5*lam0
spdm

D=5/lamF/k;
x=D:D:5/lamF;
y=x-D/2;
n=zeros(1,k);

for i=1:N
    if E(i)<5/lamF
        j=ceil(E(i)/D);
        n(j)=n(j)+1;
    end;
end;
fe=n/N/D;
d=5/lamF/1000;
z=0:d:5/lamF;
f=lamF*exp(-lamF*z);

subplot(1,2,2);
plot(y,fe,'*r',z,f,'-b');
title('lambda_f_i_n_a_1');

```

## Concluzii:

S-a folosit, pentru estimarea inițială a parametrului funcției de repartiție valoarea  $1/ma$ . După inspecția grafică se observă necesitatea rulării unei proceduri iterative în vecinătatea estimării inițiale a parametrului cu scopul determinării mai exacte a valorii  $\lambda$ . Întrucât funcția criteriu are o evoluție impredictibilă a fost nevoie de afișarea capetelor intervalului reprezentând vecinătatea. În cazul în care valoarea optimă a parametrului ar fi coincis cu unul dintre capetele intervalului, ajustarea intervalului de căutare s-ar fi făcut corespunzător în scopul determinării parametrului optim. Afișăm încă un tabel cu valoarea sumei pătratelor diferențelor minime.

<b>Variabila aleatoare:</b>	<b>Valoarea lui SPDM:</b>
<b>TfA</b>	<b>0.0015</b>
<b>TfB</b>	<b>3.0072e-04</b>
<b>TrA</b>	<b>0.1791</b>
<b>TrB</b>	<b>0.1325</b>