

Dokumentace k modelu ÚZIS ČR pro predikce počtu hospitalizovaných pacientů a pacientů vyžadujících intenzivní péči

Autoři:	Jiří Jarkovský, Klára Benešová, Ondřej Májek, Ladislav Dušek
Verze:	1.0
Datum:	16. 10. 2020

1 Obsah

1	Obsah.....	2
2	Úvod	3
2.1	Hodnocené endpointy	3
2.2	Vstupy modelu	3
2.3	Výstupy modelu.....	3
2.4	Využití modelu pro hospitalizační predikce	3
2.5	Podstata výpočtu modelu.....	3
2.6	Metodické citace	4
3	Parametry modelu pro odhad počtu hospitalizací	5
3.1	Vstupní datový soubor	5
3.2	Klinický model – pravděpodobnost zahájení hospitalizace dle věku pacientů	5
3.3	Stavový model – pravděpodobnost úmrtí za hospitalizace nebo ukončení hospitalizace propuštěním dle věku pacientů.....	6
4	Parametry modelu pro odhad počtu pacientů vyžadujících intenzivní péči	9
4.1	Vstupní datový soubor	9
4.2	Klinický model – pravděpodobnost vstupu do stavu vyžadujícího intenzivní péči dle věku pacientů.....	9
4.3	Stavový model – pravděpodobnost úmrtí za hospitalizace s intenzivní péčí nebo ukončení intenzivní péče dle věku pacientů	10

2 Úvod

2.1 Hodnocené endpointy

Hospitalizovaný pacient

- Pacient pozitivní na COVID19 hospitalizovaný na lůžku akutní péče
- Endpoint modelu predikujícího počet hospitalizací

Pacient vyžadující intenzivní péči

- Pacienti pozitivní na COVID19 se záznamem o pobytu na JIP (jednotka intenzivní péče), UPV (umělá plicní ventilace) nebo ECMO (mimotělní membránová oxygenace)
- Endpoint modelu predikujícího počet pacientů vyžadujících intenzivní péči

2.2 Vstupy modelu

Model vyžaduje následující vstupy:

- Časová řada počtu pozitivních případů do data výpočtu modelu a jejich predikované počty do budoucna
- Počet nových a aktuálních případů s hodnocenými endpointy do data výpočtu modelu

2.3 Výstupy modelu

Modely jsou schopny produkovat následující typy výstupů:

- Počet nově hospitalizovaných pacientů za každý den, popřípadě kumulativní počet nově hospitalizovaných od daného data
- Aktuální počet hospitalizovaných pacientů pro jednotlivé dny
- Počet pacientů zemřelých za hospitalizace, popřípadě kumulativní počet zemřelých od daného data

2.4 Využití modelu pro hospitalizační predikce

- Krátkodobá předpověď počtu nově a aktuálně hospitalizovaných pacientů
- Samostatný výpočet pro hospitalizované pacienty celkově a pacienty vyžadující intenzivní péči
- Predikce na úrovni České republiky a krajů

2.5 Podstata výpočtu modelu

Představený model kombinuje pro získání predikce počtu nových a aktuálních pacientů (hospitalizovaných, vyžadujících intenzivní péči) čtyři samostatné modely:

1. Epidemiologický model SIR predikující počet pozitivních pacientů s COVID19 pro věkové kategorie do 65 let a 65+, výpočet modelu je detailně popsán v samostatném dokumentu.
2. Klinický model predikující pravděpodobnost výskytu endpointu (zahájení hospitalizace nebo intenzivní péče) v čase od zjištění positivity v závislosti na věkové struktuře pacientů s COVID19; použita je analýza přežití využívající Kaplanovu-Meierovu metodu, případy s delší

dobou sledování než 30 dní od positivity jsou cenzorovány. Parametry modelu jsou samostatně odvozeny pro pacienty do 65 let a pacienty 65+.

3. Stavový model s jedním tranzientním stavem (hospitalizace, resp. intenzivní péče dle vytvářeného modelu) a dvěma absorpčními stavy (úmrtí a propuštění z hospitalizace, resp. z intenzivní péče) hodnotící pravděpodobnost přechodu mezi jednotlivými stavy vzhledem k době od zahájení hospitalizace, resp. zahájení intenzivní péče. Pro tranzientní stav jsou použity časově podmíněné pravděpodobnosti z klinického modelu, pro absorpční stavy jsou časově podmíněné pravděpodobnosti spočteny metodou kumulativní incidence zohledňující přítomnost kompetitivních rizik i délku sledování jednotlivých pacientů. Výsledek analýzy udává, jaká je pravděpodobnost jednotlivých stavů, ve kterých se pacient může nacházet po určitém počtu dní od zahájení hospitalizace nebo vzniku stavu vyžadujícího intenzivní péči. Výpočet je proveden pro časový úsek 60 dnů od okamžiku zahájení hospitalizace nebo vstupu pacienta do stavu vyžadujícího intenzivní péči. Parametry modelu jsou samostatně odvozeny pro pacienty do 65 let a pacienty 65+.
4. Výše uvedené modely jsou dostatečné pro výpočet predikce hospitalizační zátěže na úrovni ČR, pro výpočet zátěže nemocnic v jednotlivých regionech je model dále doplněn o model distribuce hospitalizační péče COVID19 pacientů, kdy na základě epidemiologických a klinických modelů je odhadnut očekávaný počet pacientů s daným endpointem (zahájení hospitalizace nebo intenzivní péče) dle regionu bydliště a následně dle matice distribuce hospitalizační péče o tyto pacienty je odhadnuta zátěž nemocnic v jednotlivých regionech.

V průběhu výpočtu je v prvním kroku pozitivní pacient započítán jako nový pacient s hodnoceným endpointem (hospitalizace / intenzivní péče) v závislosti na době od positivity a pravděpodobnosti vzniku endpointu v daném čase. Z kumulativního počtu nových pacientů s hodnoceným endpointem jsou v druhém kroku výpočtu v čase odečítáni zemřelí a propuštění pacienti za účelem získání aktuálního počtu pacientů v daném dni, opět v závislosti na době od vzniku endpointu a pravděpodobnosti úmrtí / propuštění.

2.6 Metodické citace

Citace metodických postupů:

- Kaplan, E. L., & Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American statistical association*, 53(282), 457-481.
- Putter, H., Fiocco, M., & Geskus, R. B. (2007). Tutorial in biostatistics: competing risks and multi-state models. *Statistics in medicine*, 26(11), 2389-2430.
- de Wreede, L. C., Fiocco, M., & Putter, H. (2011). mstate: an R package for the analysis of competing risks and multi-state models. *Journal of statistical software*, 38(7), 1-30.

3 Parametry modelu pro odhad počtu hospitalizací

3.1 Vstupní datový soubor

Aktuální model používaný pro predikce v průběhu října 2020 je odvozen z dat pacientů pozitivně diagnostikovaných od 1. 8. do 7. 10. 2020, jde o 75 122 pozitivních osob, z nichž 3 922 bylo do 7. 10. 2020 hospitalizováno.

3.2 Klinický model – pravděpodobnost zahájení hospitalizace dle věku pacientů

Den	Věk < 65 let (N = 66 505, z toho 1 398 endpointů)	Věk 65+ let (N = 8 617, z toho 2524 endpointů)
	Pravděpodobnost (95 % IS)	Pravděpodobnost (95 % IS)
0	0.96 % (0.89 %; 1.03 %)	16.84 % (16.05 %; 17.63 %)
1	1.33 % (1.24 %; 1.42 %)	22.67 % (21.78 %; 23.55 %)
2	1.50 % (1.41 %; 1.59 %)	24.24 % (23.33 %; 25.15 %)
3	1.62 % (1.52 %; 1.71 %)	25.63 % (24.69 %; 26.56 %)
4	1.74 % (1.64 %; 1.84 %)	26.74 % (25.79 %; 27.69 %)
5	1.86 % (1.76 %; 1.97 %)	27.72 % (26.76 %; 28.69 %)
6	1.96 % (1.85 %; 2.07 %)	28.45 % (27.47 %; 29.43 %)
7	2.04 % (1.93 %; 2.15 %)	29.11 % (28.12 %; 30.11 %)
8	2.10 % (1.99 %; 2.21 %)	29.63 % (28.62 %; 30.64 %)
9	2.15 % (2.04 %; 2.27 %)	30.03 % (29.02 %; 31.05 %)
10	2.19 % (2.07 %; 2.30 %)	30.53 % (29.50 %; 31.56 %)
11	2.21 % (2.09 %; 2.32 %)	30.80 % (29.77 %; 31.84 %)
12	2.23 % (2.11 %; 2.35 %)	30.98 % (29.94 %; 32.02 %)
13	2.26 % (2.14 %; 2.38 %)	31.19 % (30.15 %; 32.24 %)
14	2.26 % (2.14 %; 2.38 %)	31.37 % (30.32 %; 32.42 %)
15	2.27 % (2.15 %; 2.39 %)	31.48 % (30.42 %; 32.53 %)
16	2.28 % (2.16 %; 2.40 %)	31.54 % (30.48 %; 32.59 %)
17	2.28 % (2.16 %; 2.40 %)	31.66 % (30.60 %; 32.72 %)
18	2.30 % (2.18 %; 2.42 %)	31.72 % (30.66 %; 32.79 %)
19	2.30 % (2.18 %; 2.43 %)	31.82 % (30.75 %; 32.89 %)
20	2.31 % (2.19 %; 2.43 %)	31.82 % (30.75 %; 32.89 %)
21	2.31 % (2.19 %; 2.43 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
22	2.31 % (2.19 %; 2.43 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
23	2.31 % (2.19 %; 2.43 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
24	2.31 % (2.19 %; 2.43 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
25	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
26	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
27	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)

28	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
29	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)
30	2.32 % (2.20 %; 2.44 %)	31.86 % (30.79 %; 32.93 %)

3.3 Stavový model – pravděpodobnost úmrtí za hospitalizace nebo ukončení hospitalizace propuštěním dle věku pacientů

Věk < 65 let (N = 1 398)			
Den	pravděpodobnost ukončení hospitalizace	pravděpodobnost úmrtí	pravděpodobnost trvání hospitalizace
0	0.000	0.004	0.996
1	0.028	0.007	0.964
2	0.108	0.009	0.883
3	0.195	0.010	0.795
4	0.277	0.011	0.712
5	0.375	0.014	0.611
6	0.465	0.017	0.518
7	0.542	0.017	0.441
8	0.615	0.017	0.368
9	0.678	0.017	0.305
10	0.733	0.017	0.250
11	0.778	0.018	0.204
12	0.814	0.018	0.168
13	0.841	0.019	0.140
14	0.858	0.019	0.123
15	0.875	0.019	0.106
16	0.897	0.019	0.084
17	0.904	0.019	0.077
18	0.909	0.021	0.070
19	0.921	0.022	0.057
20	0.932	0.022	0.046
21	0.934	0.024	0.042
22	0.936	0.024	0.040
23	0.938	0.024	0.038
24	0.944	0.026	0.030
25	0.944	0.026	0.030
26	0.949	0.026	0.025
27	0.949	0.026	0.025
28	0.949	0.026	0.025
29	0.951	0.026	0.023

30	0.951	0.026	0.023
31	0.956	0.026	0.018
32	0.958	0.026	0.015
33	0.961	0.029	0.010
34	0.964	0.029	0.008
35	0.966	0.029	0.005
36	0.966	0.029	0.005
37	0.966	0.029	0.005
38	0.971	0.029	0.000

Den	Věk 65+ (N = 2 524)		
	pravděpodobnost ukončení hospitalizace	pravděpodobnost úmrtí	pravděpodobnost trvání hospitalizace
0	0.000	0.016	0.984
1	0.016	0.029	0.954
2	0.044	0.047	0.909
3	0.086	0.059	0.855
4	0.124	0.072	0.805
5	0.165	0.083	0.751
6	0.205	0.098	0.697
7	0.246	0.112	0.643
8	0.301	0.121	0.577
9	0.356	0.131	0.513
10	0.396	0.138	0.466
11	0.446	0.150	0.404
12	0.491	0.159	0.350
13	0.528	0.163	0.309
14	0.554	0.166	0.280
15	0.601	0.170	0.230
16	0.632	0.173	0.195
17	0.647	0.176	0.176
18	0.665	0.178	0.158
19	0.682	0.184	0.133
20	0.698	0.186	0.116
21	0.706	0.189	0.105
22	0.713	0.189	0.098
23	0.726	0.189	0.085
24	0.732	0.189	0.079
25	0.736	0.193	0.071

26	0.743	0.195	0.062
27	0.745	0.200	0.054
28	0.748	0.203	0.049
29	0.754	0.206	0.040
30	0.757	0.206	0.037
31	0.760	0.209	0.030
32	0.760	0.209	0.030
33	0.760	0.209	0.030
34	0.760	0.213	0.027
35	0.764	0.213	0.023
36	0.768	0.217	0.015
37	0.776	0.217	0.008
38	0.776	0.217	0.008
39	0.776	0.217	0.008
40	0.776	0.217	0.008
41	0.779	0.217	0.004
42	0.779	0.217	0.004
43	0.779	0.217	0.004
44	0.779	0.217	0.004
45	0.779	0.217	0.004
46	0.779	0.217	0.004
47	0.779	0.217	0.004
48	0.779	0.217	0.004
49	0.779	0.217	0.004
50	0.779	0.217	0.004
51	0.779	0.217	0.004
52	0.779	0.217	0.004
53	0.779	0.217	0.004
54	0.783	0.217	0.000

4 Parametry modelu pro odhad počtu pacientů vyžadujících intenzivní péči

4.1 Vstupní datový soubor

Aktuální model používaný pro predikce v průběhu října 2020 je odvozen z dat pacientů pozitivně diagnostikovaných od 1. 8. do 7. 10. 2020, jde o 75 122 pozitivních osob, z nichž 864 vyžadovalo do 7. 10. 2020 intenzivní péči.

4.2 Klinický model – pravděpodobnost vstupu do stavu vyžadujícího intenzivní péči dle věku pacientů

Den	Věk < 65 let (N = 66 505, z toho 271 endpointů)	Věk 65+ let (N = 8 617, z toho 593 endpointů)
	Pravděpodobnost (95 % IS)	Pravděpodobnost (95 % IS)
0	0.12 % (0.10 %; 0.15 %)	2.55 % (2.22 %; 2.89 %)
1	0.18 % (0.15 %; 0.22 %)	3.58 % (3.19 %; 3.98 %)
2	0.23 % (0.19 %; 0.26 %)	4.17 % (3.74 %; 4.60 %)
3	0.26 % (0.22 %; 0.30 %)	4.83 % (4.37 %; 5.29 %)
4	0.29 % (0.25 %; 0.33 %)	5.67 % (5.16 %; 6.17 %)
5	0.33 % (0.29 %; 0.38 %)	6.07 % (5.55 %; 6.60 %)
6	0.36 % (0.31 %; 0.40 %)	6.48 % (5.94 %; 7.03 %)
7	0.38 % (0.34 %; 0.43 %)	6.82 % (6.26 %; 7.39 %)
8	0.40 % (0.35 %; 0.45 %)	7.15 % (6.56 %; 7.73 %)
9	0.41 % (0.36 %; 0.46 %)	7.37 % (6.77 %; 7.97 %)
10	0.42 % (0.37 %; 0.48 %)	7.48 % (6.87 %; 8.08 %)
11	0.44 % (0.38 %; 0.49 %)	7.63 % (7.01 %; 8.24 %)
12	0.45 % (0.39 %; 0.50 %)	7.74 % (7.12 %; 8.36 %)
13	0.45 % (0.40 %; 0.51 %)	7.84 % (7.21 %; 8.46 %)
14	0.46 % (0.40 %; 0.52 %)	7.86 % (7.23 %; 8.49 %)
15	0.46 % (0.41 %; 0.52 %)	8.00 % (7.36 %; 8.64 %)
16	0.46 % (0.41 %; 0.52 %)	8.03 % (7.39 %; 8.68 %)
17	0.47 % (0.41 %; 0.52 %)	8.06 % (7.42 %; 8.71 %)
18	0.47 % (0.41 %; 0.52 %)	8.06 % (7.42 %; 8.71 %)
19	0.47 % (0.41 %; 0.53 %)	8.10 % (7.45 %; 8.75 %)
20	0.47 % (0.41 %; 0.53 %)	8.13 % (7.48 %; 8.79 %)
21	0.47 % (0.41 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
22	0.47 % (0.41 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
23	0.47 % (0.41 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
24	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
25	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)

26	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
27	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
28	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
29	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)
30	0.48 % (0.42 %; 0.53 %)	8.17 % (7.52 %; 8.83 %)

4.3 Stavový model – pravděpodobnost úmrtí za hospitalizace s intenzivní péčí nebo ukončení intenzivní péče dle věku pacientů

Věk < 65 let (N = 271)			
Den	pravděpodobnost ukončení intenzivní péče	pravděpodobnost úmrtí	pravděpodobnost setrvání v intenzivní péči
0	0.000	0.011	0.989
1	0.109	0.023	0.868
2	0.172	0.032	0.796
3	0.217	0.041	0.743
4	0.273	0.045	0.682
5	0.303	0.050	0.647
6	0.387	0.061	0.552
7	0.449	0.061	0.490
8	0.473	0.061	0.466
9	0.503	0.067	0.430
10	0.510	0.067	0.423
11	0.558	0.067	0.375
12	0.618	0.067	0.315
13	0.626	0.075	0.300
14	0.642	0.075	0.283
15	0.659	0.092	0.249
16	0.696	0.092	0.212
17	0.716	0.092	0.192
18	0.738	0.092	0.170
19	0.760	0.103	0.136
20	0.774	0.103	0.123
21	0.788	0.103	0.109
22	0.801	0.103	0.095
23	0.815	0.103	0.082
24	0.815	0.117	0.068
25	0.815	0.117	0.068
26	0.815	0.117	0.068
27	0.815	0.117	0.068

28	0.815	0.117	0.068
29	0.815	0.117	0.068
30	0.815	0.131	0.055
31	0.829	0.131	0.041
32	0.842	0.131	0.027
33	0.842	0.131	0.027
34	0.869	0.131	0.000

Den	Věk 65+ (N = 593)		
	pravděpodobnost ukončení intenzivní péče	pravděpodobnost úmrtí	pravděpodobnost setrvání v intenzivní péči
0	0.000	0.022	0.978
1	0.058	0.052	0.890
2	0.108	0.081	0.811
3	0.145	0.113	0.742
4	0.175	0.134	0.691
5	0.204	0.152	0.644
6	0.228	0.178	0.594
7	0.269	0.206	0.525
8	0.290	0.230	0.479
9	0.319	0.242	0.439
10	0.336	0.253	0.410
11	0.370	0.266	0.364
12	0.396	0.282	0.322
13	0.413	0.289	0.299
14	0.423	0.292	0.285
15	0.447	0.308	0.245
16	0.460	0.316	0.224
17	0.473	0.321	0.207
18	0.501	0.321	0.179
19	0.538	0.326	0.137
20	0.549	0.331	0.119
21	0.555	0.337	0.108
22	0.555	0.337	0.108
23	0.555	0.337	0.108
24	0.566	0.343	0.091
25	0.573	0.349	0.078
26	0.579	0.369	0.052
27	0.579	0.382	0.039

28	0.579	0.382	0.039
29	0.579	0.382	0.039
30	0.586	0.382	0.033
31	0.586	0.382	0.033
32	0.592	0.388	0.020
33	0.592	0.395	0.013
34	0.599	0.395	0.007
35	0.599	0.395	0.007
36	0.599	0.395	0.007
37	0.599	0.395	0.007
38	0.599	0.395	0.007
39	0.599	0.395	0.007
40	0.599	0.395	0.007
41	0.599	0.395	0.007
42	0.599	0.395	0.007
43	0.599	0.395	0.007
44	0.599	0.395	0.007
45	0.599	0.395	0.007
46	0.599	0.395	0.007
47	0.599	0.395	0.007
48	0.599	0.395	0.007
49	0.599	0.395	0.007
50	0.599	0.395	0.007
51	0.599	0.395	0.007
52	0.605	0.395	0.000