

„*Toto naozaj neviem, prečo nás to učia.
Ak chce niekto vedieť riešiť rovnice,
mali by ho to naučiť na vysokej škole.*“

R. Fico, predseda vlády SR, 19. október 2006 ¹

Druhá sada poznámok k epidémii

Resp. máme $\alpha \approx 1.2$ alebo je $\alpha = 6.23$ univerzálne pre všetky krajiny?

A ako dosiahnuť $\beta \leq 8.5$ aj pri zostávajúcich menej ako 100 neodhalených prípadoch?

7. apríl 2020, absolútne bez akýchkoľvek záruk

V predošlom dieli „poznámok“ sme postupne sledovali vývoj epidémie COVID-19 v období od 10. po 23. marec. Sľubovaný exponenciálny rast – denný prírastok okolo 31,28%, zodpovedajúci $R_0 = 3.9$ a inkubačnej dobe 5 dní – bolo viac-menej vidieť na denných prírastkoch počtu potvrdených prípadov vo všetkých krajinách, kde „to buchlo“. Treba však pamätať na to, že potvrdenie prípadu je oproti dňu nákazy omeškané aspoň o 5-6 dní, preto ku skutočnému zastaveniu exponenciálneho šírenia došlo v jednotlivých krajinách o tých pár dní skôr, ako to ukazujú dáta.

Z dostupných dát to vyzerá tak, že v Číne bol exponenciálny režim medzi xx. februárom až xx. februárom, v Iráne medzi 10. až 4. marcom (dĺžka šírenia asi 24 dní), v Taliansku medzi 9. februárom až 1. marcom (22 dní), v Španielsku medzi 21. februárom až 13. marcom (26 dní), v USA medzi 18. februárom až 23. marcom (34 dní). Postupne však s pribúdajúcimi protopatreniami, resp. panikou obyvateľstva, percento denného rastu spomaľovalo.

Dáta z Južnej Kórei si zaslúžia dodatočné skúmanie, lebo exponenciálny rast potvrdených prípadov medzi 19. až 29. februárom (a dosiahnutie čísla zodpovedajúceho 24 dňovému exponenciálnemu rastu) môže odrážať exponenciálnu schopnosť škálovania kapacít: trasovania, testovania a izolácie potvrdených prípadov.

Rátali sme potom pre jednotlivé krajiny R a s nádejou sa pozerali na juhokórejské čísla, kde sa podarilo dosiahnuť $R \approx 0.4$. Teda aspoň v čase od 9. do 16. marca ...

A potom prišli slovenské čísla: 1, 2, 2, 2, 0, 3, 11, 11, 12, 17, 11, 25, 8, 18, 14, 41, 7, 19, 12, 10, 43, 23, 22, 22, 27, 37, 26, 24, 21, 14, 49, 47, ...

Kde je ten sľubovaný exponenciálny rast? Testujeme málo? Nesprávnych ľudí? Alebo sa táto potvora správa úplne inak?

Fraktálna kinetika

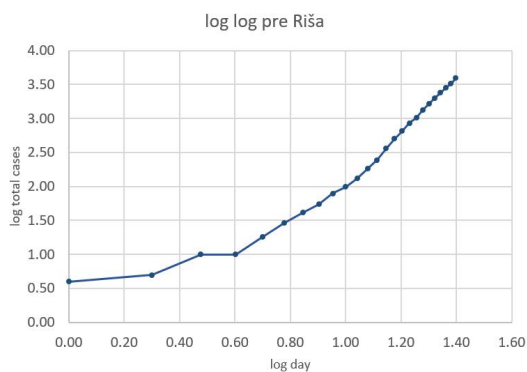
V pondelok, 23. marca sa do pozornosti doc. Riša Kollára a jeho facebookovskej bubliny dostal článok univerzitného vestníka Michiganskej univerzity z 20. marca ² ³, ktorý predpovedá mocninový rast počtu aktívnych nákaz v určitej fáze šírenia (t.j. niečo typu $N(t) = At^\alpha$), ktorý je následne exponenciálne tlmeneý (t.j. niečo v tvare $N(t) = At^\alpha e^{-t/\beta}$).

A o pár hodín prišiel aj log-log obrázok s dátami potvrdených prípadov z Rakúska, ktorý poukazoval na správanie $O(t^4)$:

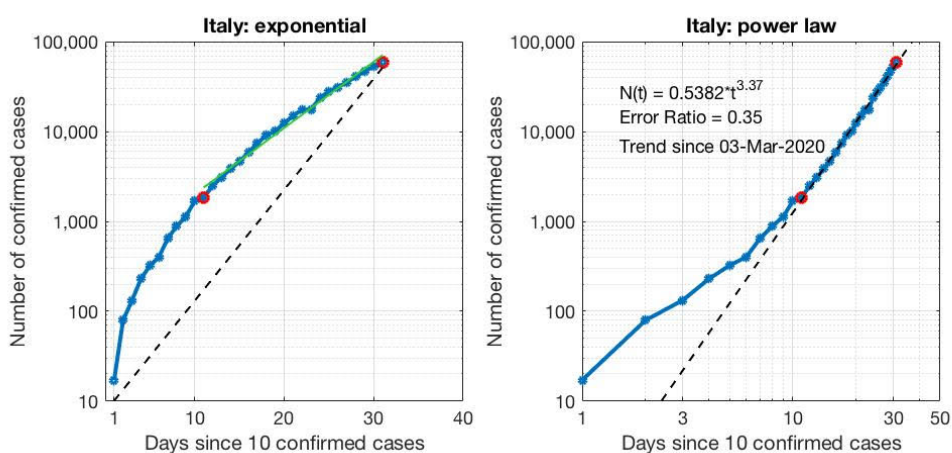
¹<https://domov.sme.sk/c/2956062/fico-sa-pochvalil-opisovanim-v-skole.html>

²<https://record.umich.edu/articles/study-containment-appears-to-step-down-covid-19-spread>

³<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.16.20023820v2>



OBRÁZEK 1. Log-log graf potvrđených prípadov v Rakúsku (kredit: Z. Molnárová) A na druhý deň aj z Talianska dávajúci $O(t^{3,37})$:



OBRÁZEK 2. Porovnanie log a log-log grafov potvrđených prípadov v Taliansku (kredit: R. Kollár)

Po týždni výpočtov a ladenia sa predral na svet COVID-19 vzorec pre počet aktívnych prípadov (K. Boďová, R. Kollár, Undisclosed manuscript⁴, 2020):

$$N(t) = \frac{A}{TG} (t/TG)^{6.23} e^{-t/TG}$$

V pondelok, 30. marca 11:57 PM, boli na základe doterajších dát predpovedané tieto parametre pre osem najviac postihnutých krajín:⁵

	<i>TG</i>	<i>A</i>	<i>Start</i>	<i>Infl</i>	<i>Cases I</i>	<i>Max</i>	<i>Cases M</i>
USA	10.2	72329	5-Mar-2020	12-Apr-2020	649 201	08-May-2020	1 241 389
Španielsko	6.4	3665	3-Mar-2020	27-Mar-2020	52 285	12-Apr-2020	99 978
Taliansko	7.79	4417	23-Feb-2020	23-Mar-2020	52 013	12-Apr-2020	99 459
Nemecko	6.7	3773	3-Mar-2020	28-Mar-2020	51 270	14-Apr-2020	98 038
Veľká Británia	7.2	2719	7-Mar-2020	3-Apr-2020	34 558	21-Apr-2020	66 082
Francúzsko	6.5	1961	3-Mar-2020	27-Mar-2020	27 749	12-Apr-2020	53 060
Irán	8.7	2569	26-Feb-2020	30-Mar-2020	27 075	21-Apr-2020	51 773

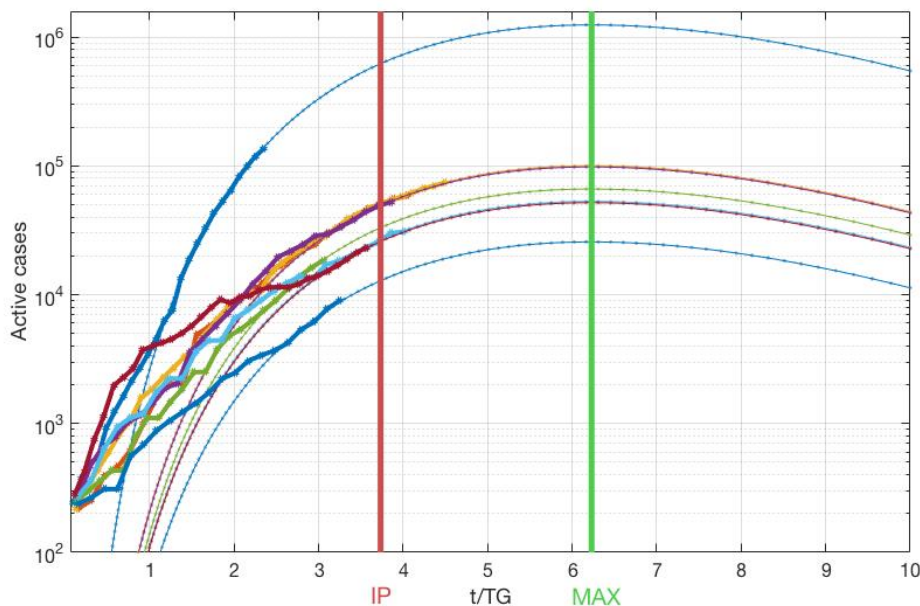
Vysvetlivky:

⁴to appear somewhere, soon

⁵https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=10113020662000793&id=2247644&

- TG je od krajiny závislý parameter, ktorý reprezentuje čas v dňoch, v ktorom prestane infikovaný človek prenášať nákazu.
- A je škálovanie.
- $Start$ predstavuje dátum začiatku správania sa podľa COVID formuly. (*doplníme neskôr*)
- $Infl$ predstavuje dátum dosiahnutia inflexného bodu. Tento čas predstavuje lokálne maximum nových prípadov.
- Max predstavuje dátum dosiahnutia maxima aktívnych prípadov – vrchol krízy z hľadiska kapacity zdravotníctva.

S týmito odhadmi môžeme odteraz začať sledovať presnosť takejto predpovede, či už na obrázku, priebežne aktualizovanom obrázku (kredit: Lukáš Poláček), v animácii alebo v upravenej tabuľke (pozri koniec textu); dodatočne spresňovať parametre (v Španielsku sa vďaka prísnejším opatreniam pred 10-14 dňami asi znížilo TG na ~ 6.1), resp. potvrdiť či vyvrátiť správnosť modelu.



OBRÁZEK 3. Priebeh a predpoveď počtu aktívnych prípadov (kredit: R. Kollár)

Sieť blízkych fyzických kontaktov ako fraktál? Akej dimenzie?

(*coming soon*)

Prečo nás poslali domov a prečo tam máme stále byť?

Prvoradým cieľom pretrvávajúcích *nefarmaceutických intervencií* je zníženie priemerneho počtu prenosov nákazy, ale možno ešte dôležitejšie je dosiahnutie výrazného zriedenia siete fyzických kontaktov a prechod na mocnino-*rastúce* a *exponenciálne-tlmené* správanie šírenia nákazy.

Ponaučenia:

- prenos na osoby bývajúce v tej istej domácnosti je takmer 100%-ný, ak sa však z domácnosti nerozšíri nikam inam, R lokálne klesne na nulu – izolácia funguje.
- treba obmedziť počet náhodných aj nenáhodných kontaktov počas relatívne dlhého obdobia, zväziť aj ich priebežné zaznamenávanie pre neskoršiu potrebu – viesť si denníček. Týmto získate predstavu o svojom okolí v sieti fyzických kontaktov, a keďže smutné správy sa šíria rýchlo, budete vedieť na koľko „infekčných dôb“ ste vzdialení od novej nákazy.
- ak ste už infikovaní, ale o tom ešte neviete, ďalšie šírenie sa dá obmedziť tak, že budete mať prehľad o (všetkých) svojich blízkych kontaktoch za posledných 5-21 dní. Po potvrdení infekcie

sa potom dajú izolovať a otestovať (všetci) ľudia, ktorí s Vami prišli do kontaktu (toto úspešne robili a robia v Číne a Južnej Kórei).

- umývať si ruky, kýchať do rukáva, nosiť rúšku, zbytočne necestovať na dlhé vzdialenosti, byť obozretný pri používaní hromadnej dopravy, základných nákupoch či návšteve pošty, obmedziť návštevy starších príbuzných (zabránenie prenosu vy → staršia osoba), odložiť rodinné návštevy, oslavy, Veľkonočné tradície, zvážiť cestovanie a účasť na pohreboch a pod.
- v prípade teploty ($> 38^{\circ}\text{C}$), suchého kašľa, STRATY ČUCHU a iných zjavných príznakov nevychádzať von, telefonicky upovedomiť autority a všetky svoje blízke kontakty z predošlého obdobia. Snažiť sa identifikovať miesto, čas a osobu, od ktorej ste sa infikovali, poskytnúť tieto údaje pri pohovore.
- nájsť si v tomto čase nejakú zábav(k)u: študovať, chodiť na prechádzky do prírody (sám, vo dvojici), záhradka, zanedbané domáce práce, ponoriť sa do nejakej aktivity, čítať, naučiť sa variť, oddýchnuť si, nešíriť paniku, byť “hlasom rozumu” vo svojej komunite, ľudský kontakt si saturovať pomocou elektronickej komunikácie – Skype, WhatsApp, ...

Z čoho mať obavy?

Zatiaľ stále nie je jasné aké parametre šírenia máme pre Slovensko.

R. Kollár (Mar 31, 1:44 PM): „ ... poviem to rovno, vzhľadom na to, ako naše dáta vyzerajú, sme najťažšia krajina na svete na odhadovanie, keďže ideme extrémne proti prúdu, a každý ďalší deň to potvrdzuje viac a viac.“

Takže máme stále príliš málo informácií n ato, aby sme vedeli povedať ako by graf/tabuľka z predošlej strany mali vyzeráť v slovenskom prípade.

Rovnako, do istej miery pretrvávajú obavy, ktoré sa objavili počas prvých dvoch týždňov „lockdownu“.

- Dochádza ku škálovaniu testovacej kapacity? Asi hej ... Alebo aj nie ..

Tabuľka s počtom testov, celkovým kumulatívnym počtom negatívnych a pozitívnych výsledkov, percento pozitívnych výsledkov v daný deň + porovnanie s ČR:

Dátum	SR testy	SR Neg	SR Poz	SR %	ČR Testy	ČR Neg	ČR Poz	ČR %
25. feb	–	63	0	0,00%	14	112	0	0,00%
26. feb	27	90	0	0,00%	23	135	0	0,00%
27. feb	23	113	0	0,00%	35	170	0	0,00%
28. feb	14	127	0	0,00%	23	193	0	0,00%
29. feb	28	155	0	0,00%	7	200	0	0,00%
1. mar	14	169	0	0,00%	11	208	3	27,27%
2. mar	26	195	0	0,00%	51	259	3	0,00%
3. mar	16	211	0	0,00%	78	335	5	2,56%
4. mar	36	247	0	0,00%	67	402	5	0,00%
5. mar	59	306	0	0,00%	76	475	8	3,95%
6. mar	34	339	1	2,94%	111	575	19	9,91%
7. mar	52	389	3	3,85%	193	761	26	3,63%
8. mar	104	491	5	1,92%	141	896	32	4,26%
9. mar	52	541	7	3,85%	265	1155	38	2,26%
10. mar	42	583	7	0,00%	165	1295	63	15,15%
11. mar	44	624	10	6,82%	458	1722	94	6,77%
12. mar	219	832	21	5,02%	537	2237	116	4,10%
13. mar	153	974	32	7,19%	741	2953	141	3,37%
14. mar	185	1147	44	6,49%	971	3876	189	4,94%
15. mar	245	1375	61	6,94%	1003	4770	298	10,87%
16. mar	159	1523	72	6,92%	1234	5919	383	6,89%
17. mar	318	1816	97	7,86%	1362	7214	450	4,92%
18. mar	225	2033	105	3,56%	1738	8842	560	6,33%
19. mar	302	2316	124	6,29%	2217	10854	765	9,25%
20. mar	368	2670	138	3,80%	2085	12815	889	5,95%
21. mar	439	3069	178	9,11%	1880	14537	1047	8,40%
22. mar	242	3304	185	2,89%	1793	16216	1161	6,36%
23. mar	451	3736	204	4,21%	2247	18337	1287	5,61%
24. mar	476	4200	216	2,52%	2976	21128	1472	6,22%
25. mar	335	4525	226	2,99%	4098	24935	1763	7,10%
26. mar	913	5395	269	4,71%	4429	29105	2022	5,85%
27. mar	747	6119	292	3,08%	5247	33979	2395	7,11%
28. mar	720	6817	314	3,06%	4326	38043	2657	6,06%
29. mar	401	7196	336	5,49%	2798	40681	2817	5,72%
30. mar	688	7857	363	3,92%	5313	45810	3001	3,46%
31. mar	877	8697	400	4,22%	6206	51709	3308	4,95%
1. apr	1191	9862	426	2,18%	5973	57401	3589	4,70%
2. apr	1454	11292	450	1,65%	6291	63423	3858	4,28%
3. apr	1889	13160	471	1,11%	6889	69980	4190	4,82%
4. apr	1524	14670	485	0,92%	6134	75832	4472	4,60%
5. apr	1036	15657	534	4,73%	4710	80427	4587	2,44%
6. apr	1448	17058	581	3,25%	6233	86425	4822	3,77%
7. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
8. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
9. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
10. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
11. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
12. apr	–	–	–	–	–	–	–	–
13. apr	–	–	–	–	–	–	–	–

V čase “peaku” bude potrebných cca. 1200 – 1500 testov denne (Južná Kórea mala začiatkom marca pri 51 mil. obyvateľoch kapacitu 15 000 testov denne).

- Aká je slovenská schopnosť vyhľadať a testovať kontakty? Kedy by sme mohli mať „inteligentnú karanténu“?
- Ako rastú kapacity pátrania po kontaktoch, zberu vzoriek? Je problém v nedostatku materiálu (ochranné odevy, súpravy na vzorky)?
- Je komunikácia zo strany štátnych orgánov efektívna a zrozumiteľná?
- Aká je schopnosť a ochota populácie pochopiť a dodržiavať inštrukcie orgánov štátu? A aká bude o dva-tri týždne?
- Čaká nás predčasné uspokojenie sa so zvládnutím situácie a druhá vlna?
- Súčinnosť štátu, regionálnej a miestnej samosprávy?

Ako nafitovať model?

Máme slovenské denné dáta. Máme aj formulu, ktorá, zdá sa, funguje inde vo svete. Ako z toho určiť naše TG a A ? Bude to $TG = 8.5$ a $A = 0,93 \times 10^{-5}$? Funguje exponent 6,23 aj u nás? Prečo? Prečo práve 6,23?

Funguje $\beta = TG$ aj blízko nuly?

Ako modelovať „doháranie“ krízy? T.j. vývoj, keď by mal počet aktívnych, resp. nových prípadov klesnúť blízko k nule? Aká úroveň sofistikovanosti trasovania, pátrania a testovania je nevyhnutná na to, aby sme tú nulu aj naozaj dosiahli?

Podarí sa na nulu dostať Južnej Kórei (Taiwanu, Singapúru)? Kedy? Do akej miery sú čínske čísla o (skoro) nulovom počte nových domácich prípadov dôveryhodné?

Tabuľka s modelovanými počtami aktívnych prípadov
(odhad K. Boďová & R. Kollár z 30. marca, 11:57PM).

Vysvetlivky: oranžová farba – exponenciálny mód, žltá farba – mocninovo-exp. mód pred inflexným bodom, ružová farba – mocninovo-exp. mód medzi inflexným bodom a maximom, liemtková farba – mocninovo-exp. mód za maximom.

dátum	USA			Taliansko			Nemecko		
	model	act.	deaths	model	act	deaths	model	act	deaths
18. feb	1	12	–	60	3	–		7	–
19. feb	1	12	–	80	3	–		7	–
20. feb	1	10	–	106	4	–		3	–
21. feb	2	29	–	140	19	1		2	–
22. feb	3	29	–	185	75	2		2	–
23. feb	5	28	–	244	152	3		2	–
24. feb	8	48	–	322	221	7		2	–
25. feb	12	51	–	424	310	11		3	–
26. feb	17	54	–	558	455	12		11	–
27. feb	33	54	–	734	593	17		32	–
28. feb	45	57	–	965	822	21		58	–
29. feb	60	60	1	1269	1049	29		63	–
1. mar	80	65	1	1668	1577	41		114	–
2. mar	106	85	6	–	1835	52		149	–
3. mar	140	106	9	–	2263	79		187	–
4. mar	185	138	11	–	2706	107		246	–
5. mar	244	200	12	–	3296	148		528	–
6. mar	322	289	15	1937	3916	197		652	–
7. mar	424	401	19	2784	5061	233		782	–
8. mar	558	504	22	3859	6387	366		1022	–
9. mar	734	663	26	5186	7985	463		1204	2
10. mar	965	949	30	6784	8514	631		1545	2
11. mar	1269	1248	38	8666	10590	827		1938	3
12. mar	1668	1581	41	10838	12839	1016		2714	6
13. mar	2191	2126	48	13302	14955	1266		3621	8
14. mar	2878	2664	57	16053	17750	1441		4544	9
15. mar	3780	3484	69	19078	20603	1809		5754	13
16. mar	4965	4434	87	22361	23073	2158		7188	17
17. mar	6520	6127	110	25879	26062	2503		9274	26
18. mar	8562	8940	150	29606	28710	2978		12194	28
19. mar	11242	13464	206	33510	33190	3405		15161	44
20. mar	19381	18965	255	37560	37860	4032		19600	68
21. mar	25446	23720	301	41717	42681	4825		22071	84
22. mar	33408	33000	414	45947	46638	5476		24513	94
23. mar	43861	42930	555	50210	50418	6077		28480	123
24. mar		53697	780	54469	54030	6820		29542	159
25. mar		66790	1027	58686	57521	7503		33570	206
26. mar		82272	1295	62827	62013	8215		37998	267
27. mar		99909	1695	66856	66414	9134		43862	351
28. mar		118127	2220	70743	70065	10023		48781	433
29. mar		136349	2583	74458	73880	10779		52683	541
30. mar		155141	3141	77975	75528	11591		52740	645
31. mar		177226	4053	81271	77635	12428		54933	775
1. apr		201023	5102	84325	80572	13155		58350	931
2. apr		228398	6070	87121	83049	13915		61247	1107
3. apr		257757	7121	89646	85388	14681	–	–	–
4. apr		288081	8451	91888	88274	15362	–	–	–
5. apr		309080	9616	93842	91246	15887	–	–	–

dátum	USA			Taliansko			Nemecko		
	model	act.	deaths	model	act	deaths	model	act	deaths
6. apr		336463	10871	95502	93187	16523	–	–	–
7. apr		–	–	96868	–	–	–	–	–
8. apr		–	–	97940	–	–	–	–	–
9. apr		–	–	98723	–	–	–	–	–
10. apr		–	–	99222	–	–	–	–	–
11. apr		–	–	99445	–	–	–	–	–
12. apr		–	–	99401	–	–	–	–	–
13. apr		–	–	99102	–	–	–	–	–
14. apr		–	–	98560	–	–	–	–	–
15. apr		–	–	97788	–	–	–	–	–

(to be continued ... and updated ...)