

Математична модель і прогноз епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні (M2)

(О.Б. Альохін, Б.В. Буркинський, О.М. Грабовий, В.О. Діленко, Н.І. Хумарова)

Прогнозний монітор
01.09.2020. № F-167.

Прогноз розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні, складений за статистичними даними попереднього періоду, з 26-го серпня по 4-е вересня, був опублікований 25 серпня 2020 року (див. <https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/175261757450061>).

Сьогодні закінчився штатний 7-денний прогнозний період, і з'явилася можливість першої оцінки його точності. Однак, перш, ніж перейти до аналізу результатів оцінювання, відзначимо, що тиждень, який минув в Україні, був екстремально особливим з точки зору числа летальних випадків. Така ситуація є найбільш несприятливою для прогнозування і пред'являє найвищі вимоги до якості прогнозів. Тому виключно важлива оцінка точності прогнозів саме на такому фактичному матеріалі.

Результати аналізу точності прогнозу розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні з вичерпаним 7-денним періодом попередження, а також і ступінь його відповідності фактичних даних, наведені в таблицях 1-2 і рис. 1-13.

У табл. 1 вказані розрахункові і фактичні значення основних показників епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні за 7-денний прогнозний період, абсолютна і відносна похибки добових прогнозів, а також середня абсолютна похибка MAE і середня абсолютна похибка у відсотках MAPE, включаючи цю ж оцінку MAPE* наростаючим підсумком, прогнозу в цілому.

У табл. 2 наведені такі ж дані за коефіцієнтами летальності I (TC), I (CC) і індикатору прогресу IP.

Table 1. Forecasts. Statistics, Forecast error estimates, Ukraine

Date	Total Cases					Deaths					Recovered					Active Cases				
	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*
26.08.2020	110 242	110 085	157	0,14%	0,14%	2 345	2 354	9	0,38%	0,38%	53 376	53 454	78	0,15%	0,15%	54 521	54 277	244	0,45%	0,45%
27.08.2020	112 282	112 059	223	0,20%	0,17%	2 372	2 403	31	1,29%	0,84%	53 922	54 217	295	0,54%	0,35%	55 988	55 439	549	0,99%	0,72%
28.08.2020	114 404	114 497	93	0,08%	0,14%	2 399	2 451	52	2,12%	1,26%	54 437	55 083	646	1,17%	0,62%	57 568	56 963	605	1,06%	0,83%
29.08.2020	116 456	116 978	522	0,45%	0,22%	2 426	2 492	66	2,65%	1,61%	54 944	56 138	1 194	2,13%	1,00%	59 086	58 348	738	1,26%	0,94%
30.08.2020	118 309	119 074	765	0,64%	0,30%	2 453	2 527	74	2,93%	1,87%	55 438	56 734	1 296	2,28%	1,25%	60 418	59 813	605	1,01%	0,96%
31.08.2020	119 977	121 215	1 238	1,02%	0,42%	2 480	2 557	77	3,01%	2,06%	55 881	57 114	1 233	2,16%	1,41%	61 616	61 544	72	0,12%	0,82%
01.09.2020	121 590	123 303	1 713	1,39%	0,56%	2 507	2 605	98	3,76%	2,31%	56 315	57 802	1 487	2,57%	1,57%	62 768	62 896	128	0,20%	0,73%
MAE*/MAPE*			673	0,56%				58	2,31%				890	1,57%				420	0,73%	

(*) for the whole forecast (26.08-01.09.2020)

Table 2. Forecasts. Statistics, Forecast error estimates, Ukraine (II)

Date	I _{TC}					I _{CC}					IP				
	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*
26.08.2020	2,13%	2,14%	0,01%	0,52%	0,52%	4,21%	4,22%	0,01%	0,23%	0,23%	50,54%	50,70%	0,15%	0,30%	0,30%
27.08.2020	2,11%	2,14%	0,03%	1,49%	1,01%	4,21%	4,24%	0,03%	0,72%	0,47%	50,14%	50,53%	0,39%	0,77%	0,54%
28.08.2020	2,10%	2,14%	0,04%	2,04%	1,35%	4,22%	4,26%	0,04%	0,92%	0,62%	49,68%	50,25%	0,57%	1,13%	0,73%
29.08.2020	2,08%	2,13%	0,05%	2,21%	1,57%	4,23%	4,25%	0,02%	0,51%	0,59%	49,26%	50,12%	0,86%	1,71%	0,98%
30.08.2020	2,07%	2,12%	0,05%	2,30%	1,71%	4,24%	4,26%	0,03%	0,63%	0,60%	48,93%	49,77%	0,84%	1,68%	1,12%
31.08.2020	2,07%	2,11%	0,04%	2,01%	1,76%	4,25%	4,29%	0,04%	0,83%	0,64%	48,64%	49,23%	0,58%	1,19%	1,13%
01.09.2020	2,06%	2,11%	0,05%	2,41%	1,85%	4,26%	4,31%	0,05%	1,17%	0,72%	48,38%	48,99%	0,61%	1,25%	1,15%
MAE*/MAPE*			0,04%	1,85%				0,03%	0,72%				0,57%	1,15%	

(*) for the whole forecast (26.08-01.09.2020)

Похибки прогнозування найважливіших похідних показників епідемії коронавірусу в Україні (оцінки MAPE*) такі, як показано в табл. 2 рис. 2:

- показник летальності I (TC) - 1,85%;
- показник летальності I (CC) - 0,72%;
- індикатор прогресу IP – 1,15%.

Зазначимо, що основний вплив на точність здійснив показник летальних випадків, від екстремальних значень якого декілька постраждала точність прогнозування похідних від нього показників.

Як можна бачити з цих таблиць, середні абсолютні похибки у відсотках (оцінки MAPE*) 7-денного прогнозу для основних показників епідемії знаходяться, не дивлячись на зазначені вище обставини, на дуже високому рівні:

- загальна кількість інфікованих - 0,56%;
- загальна кількість померлих - 2,31%;
- загальна кількість тих, які одужали - 1,57%;
- число активних випадків - 0,73%.

Тож не дивно, що точність прогнозування показника загального числа померлих виявилася нижчою, ніж точність інших показників.

Візуально точність прогнозування основних показників епідемії можна оцінити по діаграмах рис. 1-13. На всіх графіках темно-синім кольором позначені прогнозні траєкторії прогнозованих показників на 10-денний прогнозний період, а червоним - траєкторії фактичних значень цих же показників.

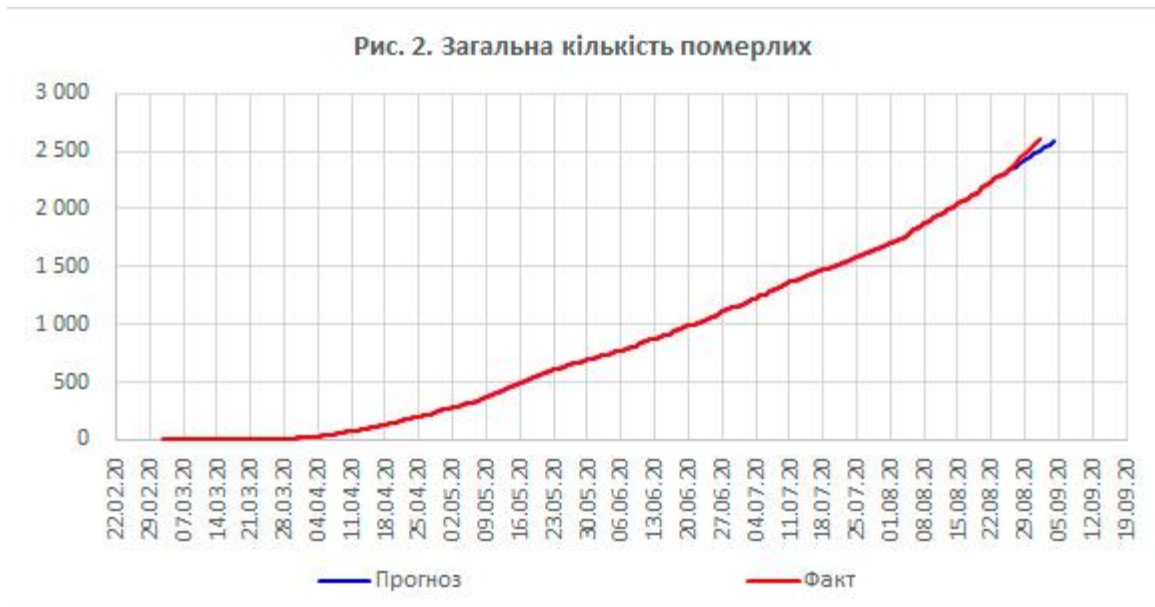
На рис. 1-4 наведені:

- фактичні траєкторії основних показників епідемії коронавірусу в Україні за весь період спостережень, включаючи прогнозний період;
- розрахункові траєкторії цих показників на 10-денний прогнозний період;
- межі довірчих інтервалів (діапазонів можливих відхилень точкового 10-денного прогнозу з рівнем значущості $p = 0,05$) прогнозу.

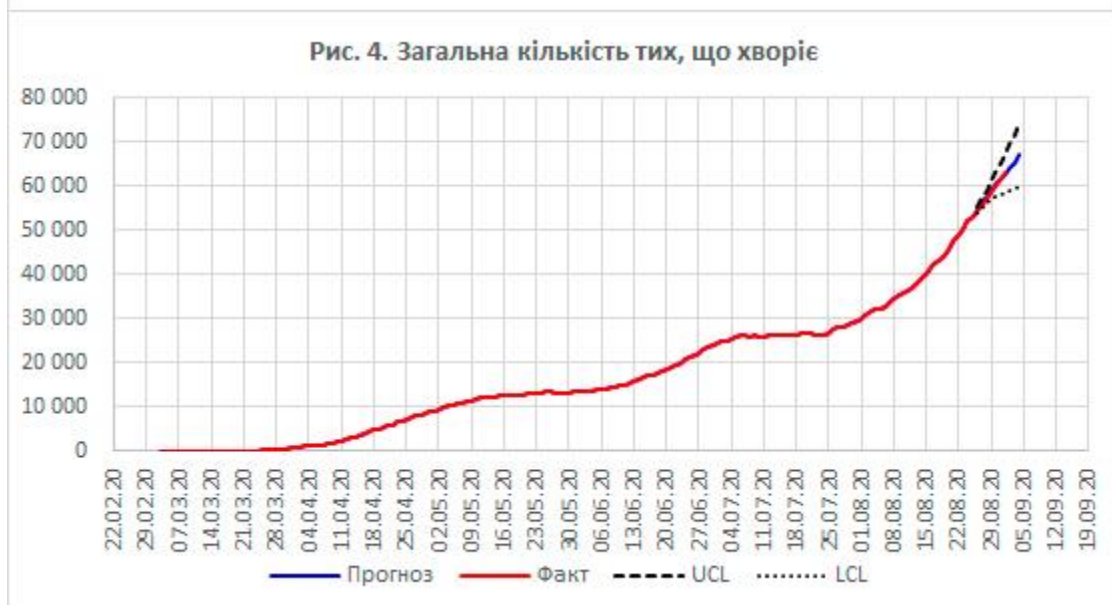
На рис. 1-3 довірчі інтервали виокремлені внаслідок їх накладення на графіки основних показників.



Діаграма рис. 2 наочно демонструє рівень відхилення фактичної траєкторії числа летальних випадків від прогнозної.



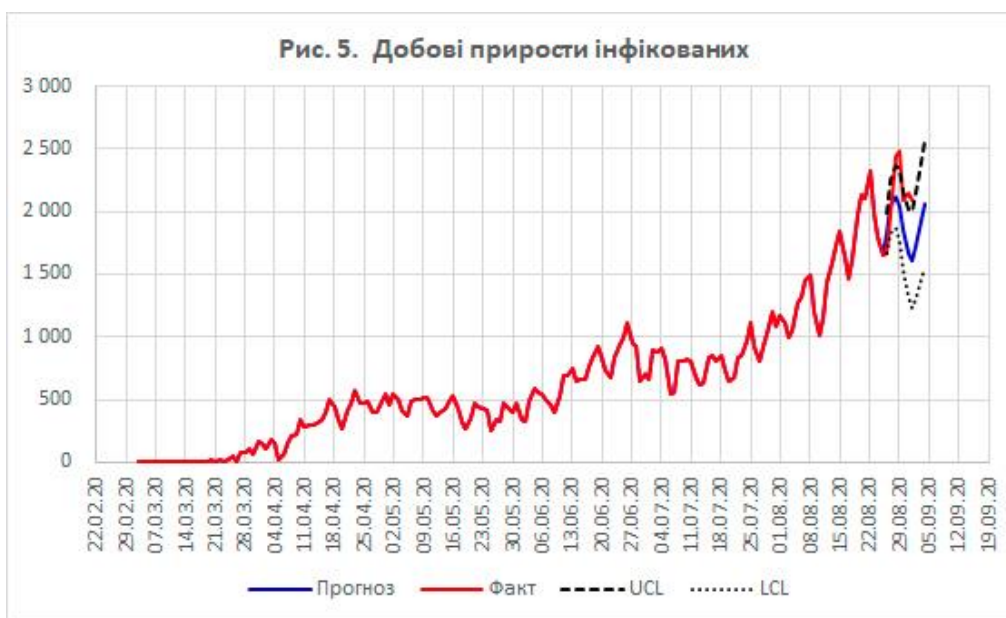
Діаграма рис. 3 свідчить про таку ж тенденцію показника загальної кількості тих, які одужали.

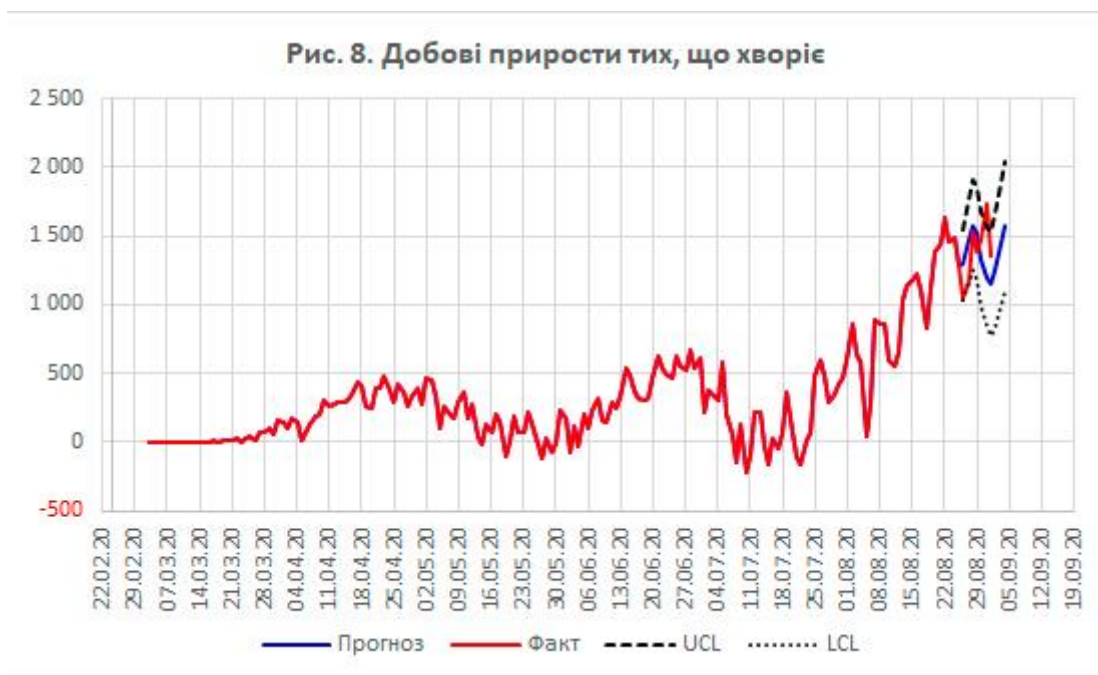


Робоча група аналізуючи статистику різних країн відзначає, що при різкому зростанні числа нових інфікованих одночасно зростає і число видужали. Пояснюється це досить просто - лікарні звільняють місця для нових хворих. Тому говорити про будь-які революції в справі надання медичної допомоги хворим на COVID-19 в подібних випадках не доводиться.

Діаграми рис. 5-8 відображають:

- фактичні траєкторії зміни добових показників епідемії коронавірусу в Україні за весь період спостережень, включаючи прогностичний період;
- розрахункові траєкторії цих показників на 10-денний прогностичний період;
- межі довірчих інтервалів ($p = 0,05$), відповідних 10-денному прогнозу.



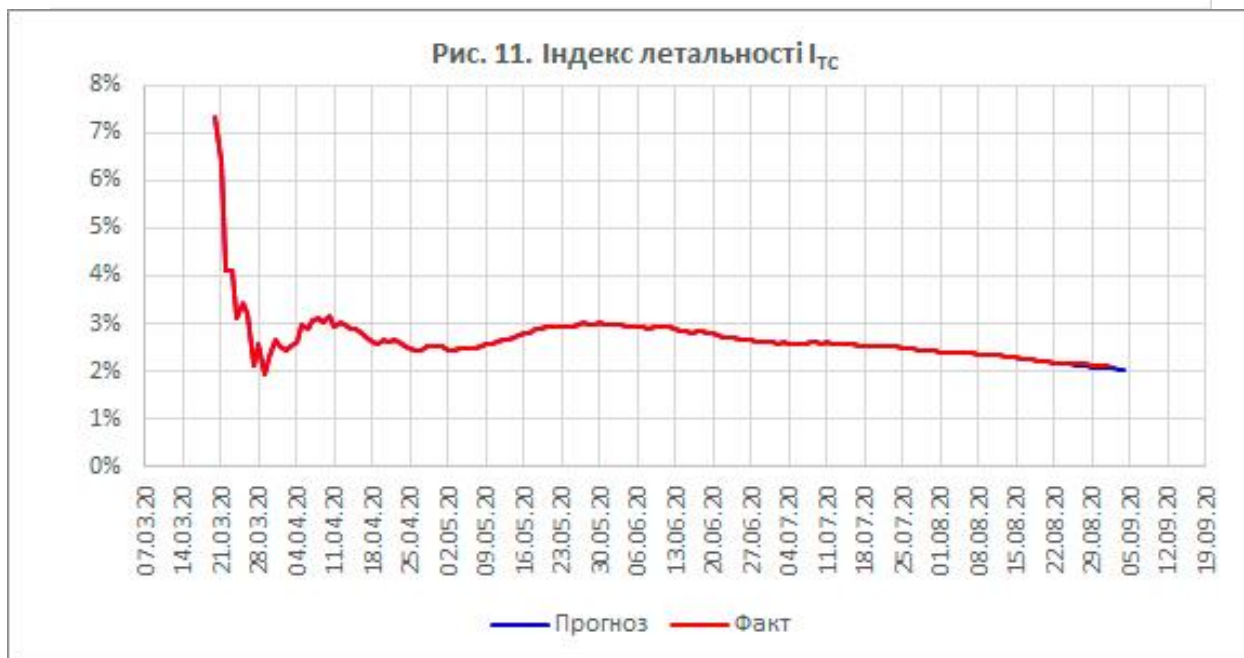
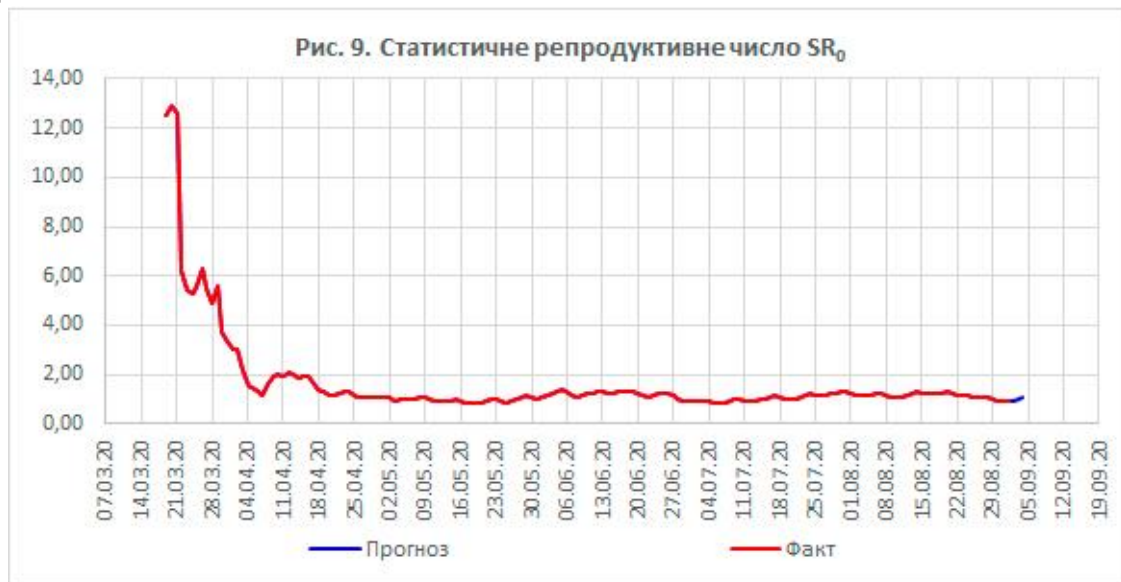


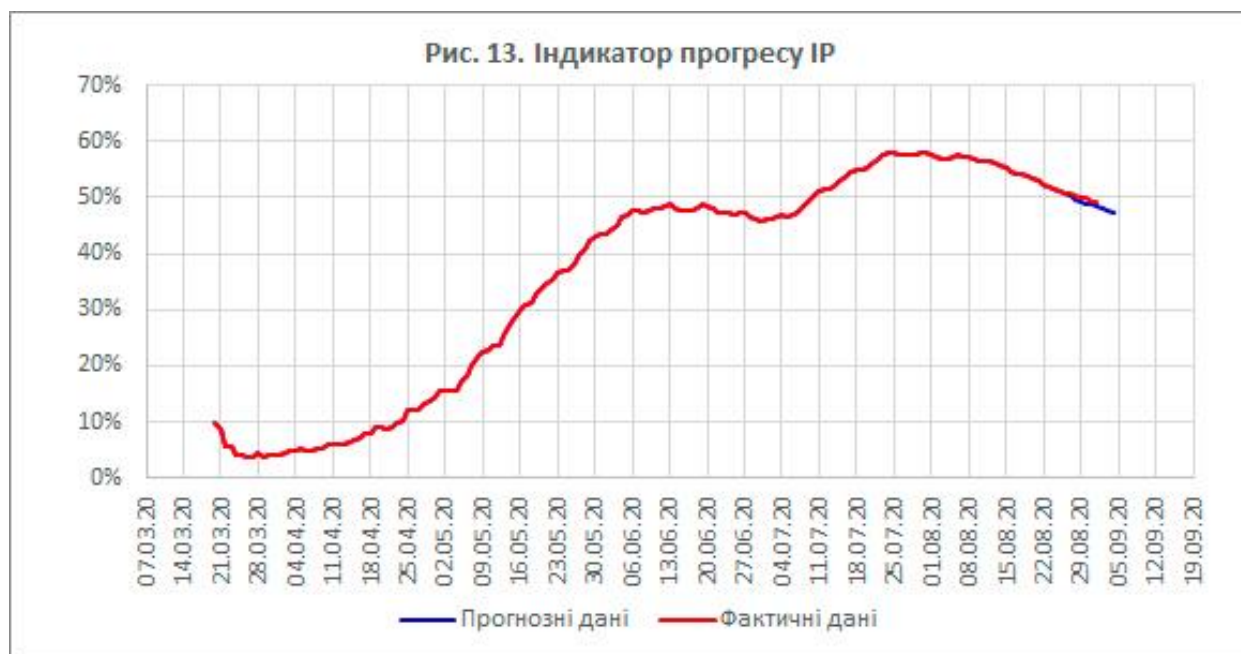
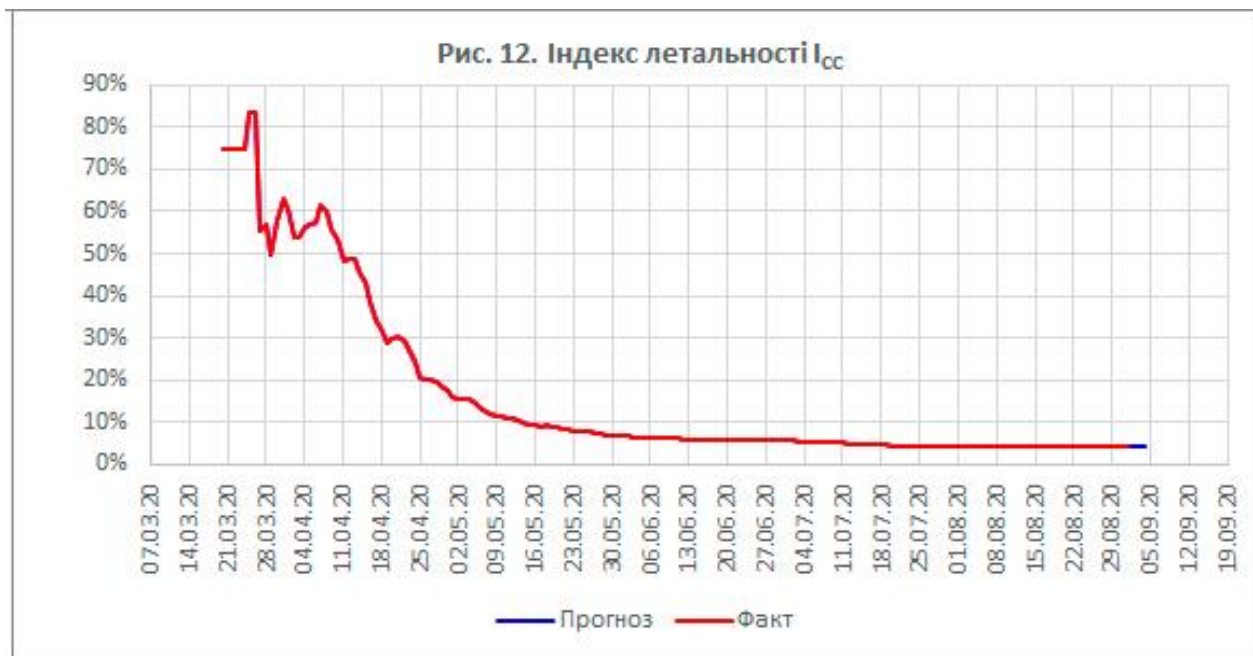
Як показують ці діаграми, рекордний рівень варіабельності продемонстрував саме показник добового приросту числа померлих (рис. 6). У відповідь на високий рівень варіабельності добового показника нових інфікованих (рис. 5) продемонстрував такий же високий рівень коливання безпосередньо пов'язаний з ним показник числа активних випадків (рис. 8). Збалансованість нових надходжень хворих з випискою колишніх хворих забезпечила досить стабільний рівень активних випадків (рис. 8).

Діаграми рис. 9-13 відображають:

- фактичні траєкторії статистичного репродуктивного числа SR_0 і середнього абсолютного (добового) приросту інфікованих показників на весь період спостережень, включаючи 7-денний прогностичний період;
- фактичні траєкторії цих показників за той же період;

- розрахункові траєкторії зазначених показників на 10-денний прогнозний період.





Незважаючи на катаклізми в розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні прогнози зазначених вище синтетичних показників епідемії також виявилися дуже точними.

В цілому, статистика і результати прогнозування показують, що епідемія коронавірусу COVID-19 в Україні набуває некерованого характеру, що диктується переважно природними факторами, якщо до них, крім природи самого коронавірусу і процесів його поширення, додати часті випадки нехтування встановленими карантинними порядками і нормами, а також нездатність їх ефективно виконувати.

Джерела статистичних даних:

<https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>

<https://covid19.rnbo.gov.ua/>

<https://www.pravda.com.ua/cdn/covid-19/cpa/>

Наші матеріали також:

<https://www.facebook.com/MATHMODELCOVID19>

<https://t.me/mathmodelcovid19>

Точність наших прогнозів:

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/154698732839697> (Німеччина)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/142548897388014> (Іспанія)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/150095069966730> (Італія)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/148450556797848> (США)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/154364292873141> (Україна)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/144983953811175> (Франція)

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/152284093081161> (Південна Корея)

Публікації за показниками летальності і індикатору прогресу

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/105684827741088>

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/106831140959790>

<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/107444734231764>