МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І ПРОГНОЗ ЕПІДЕМІЇ КОРОНАВІРУСУ COVID-19 В УКРАЇНІ

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

Прогнозний монітор
14.08.2020. №140.

Прогноз розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні, складений за статистичними даними до 7-серпня включно на період з 8-го по 17-е серпня, був опублікований 7 серпня 2020 року (див. https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/169939241315646).

З моменту складання прогнозу пройшло 7 днів, і з'явилася можливість оцінки його точності за фактичними даними за вказаний період.

Результати аналізу точності прогнозу розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні з 7-денним періодом попередження і ступінь його відповідності фактичним даним наведені в таблицях рис. 1-2.

У табл. 1 вказано 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 помилка MAE і середня абсолютна помилка 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 індикатором прогресу IP.

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

Date	Total Cases					Deaths					Recovered				
	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	MAPE*
08.08.2020	79 659	79 750	91	0,11%	**0,11%**	1 877	1 879	2	0,11%	**0,11%**	43 465	43 655	190	0,44%	**0,44%**
09.08.2020	81 055	80 949	106	0,13%	**0,12%**	1 902	1 897	5	0,26%	**0,19%**	43 876	43 972	96	0,22%	**0,33%**
10.08.2020	82 408	81 957	451	0,55%	**0,27%**	1 927	1 922	5	0,26%	**0,21%**	44 367	44 359	8	0,02%	**0,22%**
11.08.2020	83 761	83 115	646	0,78%	**0,39%**	1 952	1 951	1	0,05%	**0,17%**	44 867	44 934	67	0,15%	**0,21%**
12.08.2020	85 114	84 548	566	0,67%	**0,45%**	1 977	1 970	7	0,36%	**0,21%**	45 548	45 686	138	0,30%	**0,22%**
13.08.2020	86 467	86 140	327	0,38%	**0,44%**	2 002	1 992	10	0,50%	**0,26%**	46 261	46 216	45	0,10%	**0,20%**
14.08.2020	87 820	87 872	52	0,06%	**0,38%**	2 027	2 011	16	0,80%	**0,33%**	46 872	46 797	75	0,16%	**0,20%**
MAE*/MAPE*			320	**0,38%**				7	**0,33%**				88	**0,20%**	

(*) for the whole forecast (08.08-14.08.2020)

Fig. 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*
08.08.2020	2,36%	2,36%	0,00%	0,01%	**0,01%**	4,14%	4,13%	0,01%	0,32%	**0,32%**	56,92%	57,10%	0,18%	0,31%	**0,31%**
09.08.2020	2,35%	2,34%	0,00%	0,13%	**0,07%**	4,15%	4,14%	0,02%	0,46%	**0,39%**	56,48%	56,66%	0,19%	0,33%	**0,32%**
10.08.2020	2,34%	2,35%	0,01%	0,29%	**0,14%**	4,16%	4,15%	0,01%	0,23%	**0,34%**	56,18%	56,47%	0,29%	0,52%	**0,39%**
11.08.2020	2,33%	2,35%	0,02%	0,72%	**0,29%**	4,17%	4,16%	0,01%	0,19%	**0,30%**	55,90%	56,41%	0,51%	0,91%	**0,52%**
12.08.2020	2,32%	2,33%	0,01%	0,31%	**0,29%**	4,16%	4,13%	0,03%	0,63%	**0,37%**	55,84%	56,37%	0,53%	0,94%	**0,60%**
13.08.2020	2,32%	2,31%	0,00%	0,12%	**0,26%**	4,15%	4,13%	0,02%	0,39%	**0,37%**	55,82%	55,96%	0,15%	0,26%	**0,54%**
14.08.2020	2,31%	2,29%	0,02%	0,86%	**0,35%**	4,15%	4,12%	0,03%	0,61%	**0,40%**	55,68%	55,54%	0,14%	0,25%	**0,50%**
MAE*/MAPE*			0,01%	**0,35%**				0,02%	**0,40%**				0,28%	**0,50%**	

(*) for the whole forecast (08.08-14.08.2020)

Перш ніж перейти до розгляду оцінок точності прогнозу, відзначимо, що епідемія коронавірусу в Україні за минулий тиждень, включаючи сьогоднішній день, ставила один антирекорд за іншим. Це завжди створює певні труднощі для прогнозування і знижує ймовірність отримання високоточних прогнозів.

Проте точність прогнозу перевершила всі наші очікування. І в цьому основну роль відіграла сама епідемія коронавірусу в Україні. Справа в тому, що попередній тиждень також ряснів антирекордами, і математичній моделі вдалося виявити і врахувати відповідні закономірності.

Основні результати оцінювання зведені в табл. 1 (рис. 1).

Середні абсолютні помилки у відсотках (оцінки MAPE *) 7-денного прогнозу для основних показників епідемії знаходяться на такому рівні:

- загальна кількість інфікованих - 0,38%;
- загальна кількість померлих - 0,33%;
- загальна кількість тих, хто видужав - 0,20%.

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

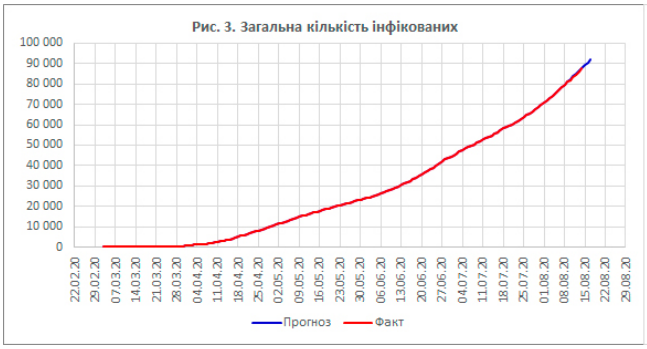
- показник летальності I (TC) - 0,35%;
- показник летальності I (CC) - 0,40%;
- індикатор прогресу IP - 0,50%.

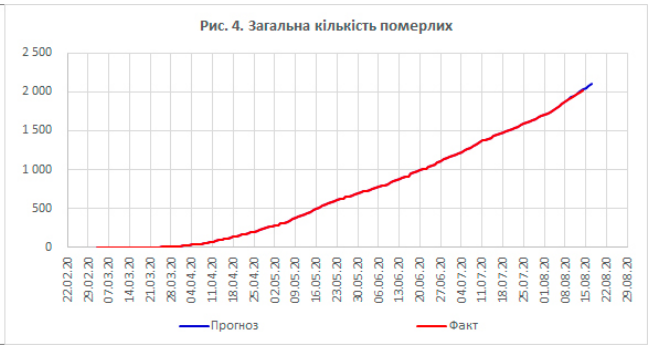
Візуально точність прогнозування основних показників епідемії можна оцінити по діаграмах рис. 3-15. На всіх графіках цих малюнків темно-синім кольором позначені прогнозні траєкторії прогнозованих показників на 10-денний прогнозний період, а червоним - траєкторії фактичних значень цих же показників.

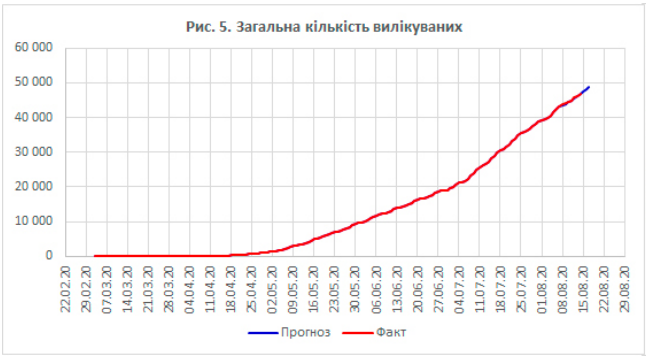
На рис. 3-6 наведені:

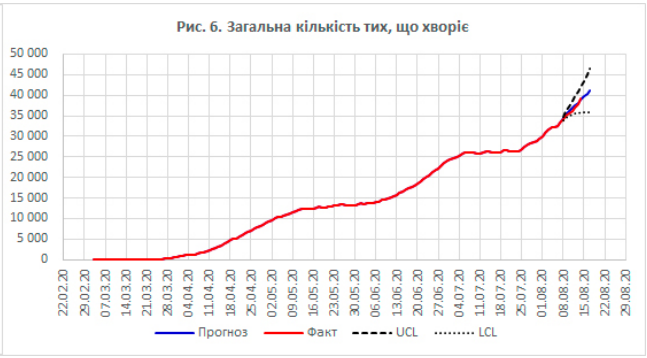
- фактичні траєкторії основних показників епідемії коронавірусу в Україні за весь період спостережень, включаючи 7-денний прогнозний період;
- розрахункові траєкторії цих показників на 10-денний прогнозний період;
- межі довірчих інтервалів (діапазонів можливих відхилень точкового 10-денного прогнозу з рівнем значущості p = 0,05) прогнозу

На рис. 3-5 довірчі інтервали опущені внаслідок їх вузькості і накладення на графіки основних показників.



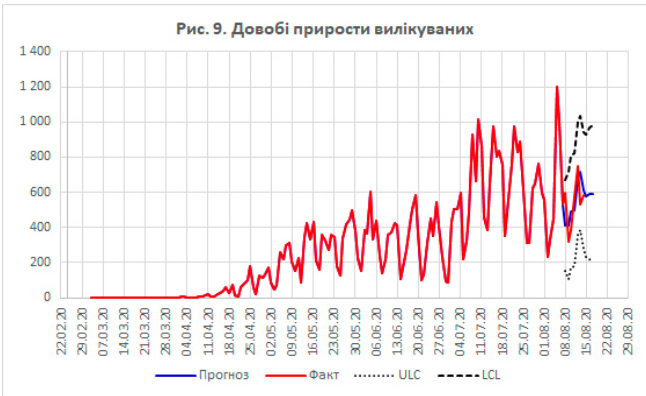






Діаграми рис. 7-10 відображають:

- фактичні траєкторії зміни добових показників епідемії коронавірусу в Україні за весь період спостережень, включаючи 7-денний прогнозний період;
- розрахункові траєкторії цих показників на 10-денний прогнозний період;
- межі довірчих інтервалів (p = 0,05), відповідних 10-денному прогнозу.



Протягом всього прогнозного тижня добові показники демонстрували дуже високий рівень варіабельності. Проте всі їхні значення виявилися в межах відповідних довірчих інтервалів.

Діаграми рис. 11-12 відображають:

- фактичні траєкторії статистичного репродуктивного числа SR0 і середнього абсолютного (добового) показників приросту інфікованих на весь період спостережень, включаючи 7-денний прогнозний період;
- розрахункові траєкторії зазначених показників на 10-денний прогнозний період.

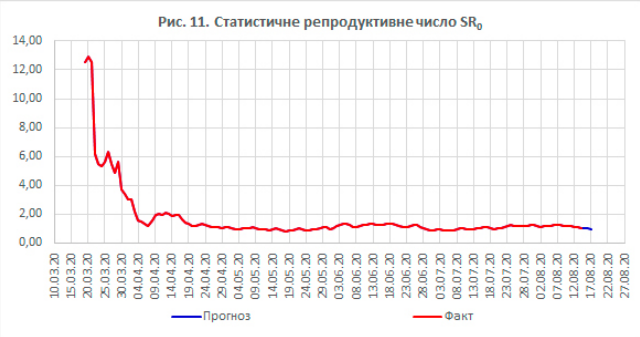


Рис. 11. Статистичне репродуктивне число SR_0

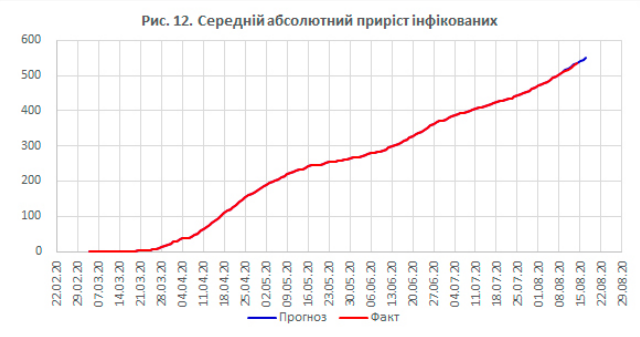


Рис. 12. Середній абсолютний приріст інфікованих

На діаграмах рис. 13-15 наведені:

- фактичні траєкторії показників летальності I (ТС), I (СС) і індикатору прогресу IP за весь період спостережень, включаючи 7-денний прогнозний період;
- розрахункові траєкторії зазначених показників на 10-денний прогнозний період.

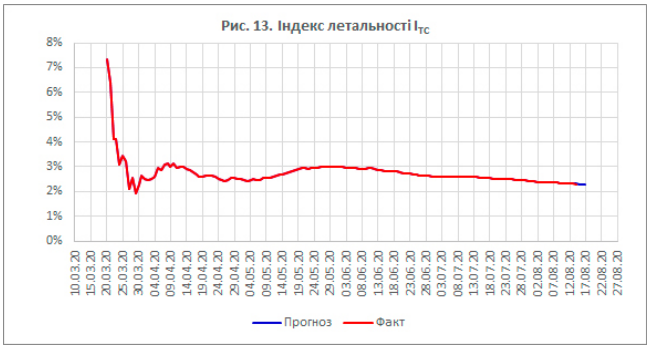


Рис. 13. Індекс летальності I_{TC}

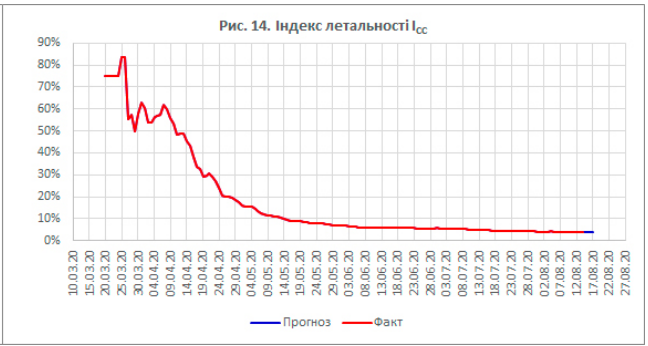
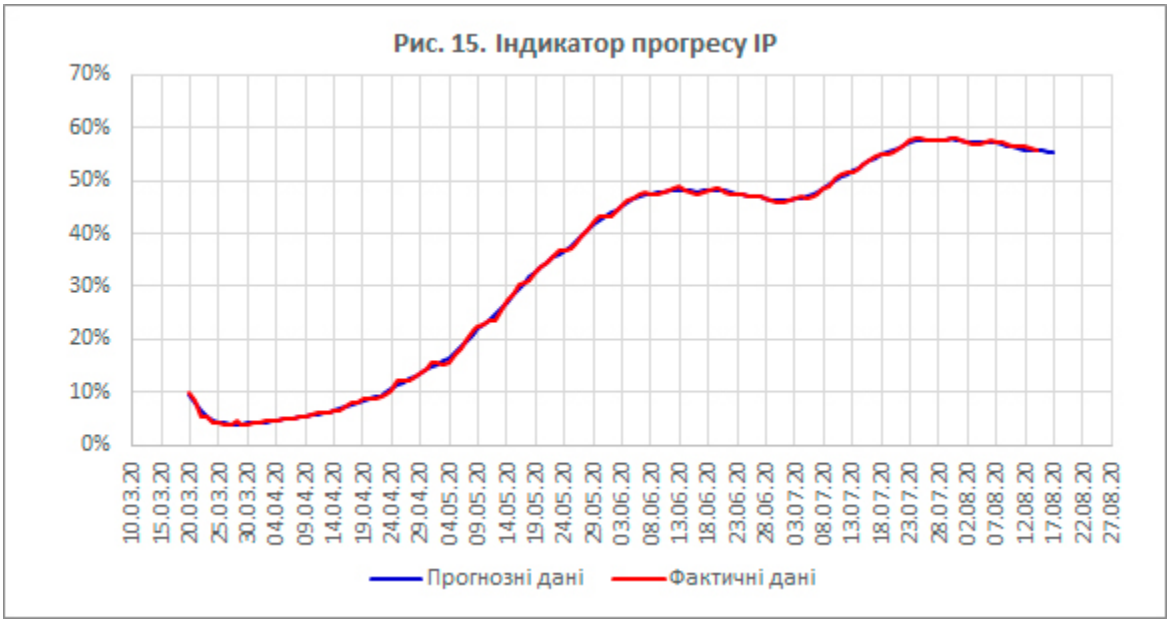


Рис. 14. Індекс летальності I_{CC}



Як випливає з наведених діаграм, прогнози всіх зазначених синтетичних врахованих показників, також дуже добре узгоджуються з фактичними даними.

В цілому, фактичний матеріал і результати прогнозування показують, що епідемія коронавірусу COVID-19 продовжує активно набирати обертів, стратегія стримування поширення коронавірусу в країні не є вдалою, збереження подібних тенденцій неминуче призведе до значних додаткових жертв епідемії серед населення.

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 індикатором 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