

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РИНКУ ТА ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



**Про особливості підходу та результатів моделювання і
прогнозування розвитку епідемії коронавірусу COVID-19**

2020

В Інституті проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України (ІПРЕЕД) наказом директора створено Міжвідомчу ініціативну робочу групу з математичного прогнозування розвитку епідемії коронавірусу COVID-19.

З розробленою під керівництвом акад. НАН України Буркинського Б.В. та д.е.н., проф. Альохіна О.Б. математичною моделлю та методологією прогнозування можливо ознайомитись на сайтах:

– https://www.facebook.com/MATHMODELCOVID19/?_tn=%2CdK-R-R&eid=ARDkXxRkfDRAarGH1pthQGSM54cORkcG7md7k0g3aMly9qGMzR2M7CnRysJiFY9Ix-ECPRJWuvHQdIJa&fref=mentions;

– <https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/117804769862427>

Прогнози розвитку епідемії COVID-19, які зроблені цією міжвідомчою групою ІПРЕЕД НАНУ, відображені на створених відповідних сторінках у Facebook і Medium.com, Telegram-канал "Математичне прогнозування розвитку епідемії COVID-19", де з 21-го березня 2020 р. щоденно публікуються (в тому числі англійською мовою) статистичні та прогнозні монітори розвитку епідемії в Україні та різних країнах світу, а також аналізується точність цих прогнозів:

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

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

<https://www.facebook.com/MATHMODELCOVID19INTERNATIONAL>

<https://t.me/mathmodelcovid19>

<https://medium.com/@impeerecon>

Слід відзначити, що при Президії НАН України (Розпорядження Президії НАН України № 198 від 3 квітня 2020 р.) теж створена Робоча група з математичного моделювання проблем, пов'язаних з епідемією коронавірусу SARS-CoV-2 в Україні, до складу якої включено представника МІРГ ІПРЕЕД НАНУ д.е.н., проф. Альохіна Олексія Борисовича, головного наукового співробітника ІПРЕЕД НАН України.

В ІПРЕЕД НАНУ більш ніж 2-х місячний досвід роботи практичного статистичного і прогностичного моніторингу розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в різних країнах (США, Італії, Іспанії, Німеччині, Франції і т. ін.) та в світі в цілому, порівняння з активністю провідних університетів світу в цій галузі продемонстрували наявність принципових відмінностей підходу і моделі та їх високу ефективність.

I. На відміну від класичних системних моделей, що розроблені і розвиваються в рамках математичної епідеміології, модель фахівців МІРГ ІПРЕЕД НАНУ була побудована з урахуванням досвіду макроекономічного моделювання, моделювання науково-технічного прогресу і процесів зростання біологічних систем, що дозволило їх зробити значно гнучкішими.

II. Математична модель розвитку епідемії побудована за принципом моделювання складних систем "як є", тобто без підгонки опису вербальної моделі епідемії під широко поширений при розробці класичних математичних моделей розвитку епідемій апарат диференціальних рівнянь. Це дозволило надати всім коефіцієнтам (параметрами) моделі прозорий "фізичний" зміст, що вкрай важливо для інтерпретації результатів калібрування моделі, моделювання та прогнозування.

III. Математична модель з самого спочатку була зорієнтована на отримання якісних чисельних точкових прогнозів, в той час як зазвичай класичні системні моделі за своєю природою орієнтовані на проведення сценарних розрахунків і комп'ютерний аналіз.

IV. Фахівцями МІРГ ІПРЕЕД НАНУ застосовано принципово інший підхід до вирішення завдання ідентифікації системних моделей розвитку епідемій – визначення параметрів моделей. Він був запозичений з арсеналу методів ідентифікації статистичних моделей і полягає в автоматичному визначенні параметрів моделі по часовим статистичним рядам основних показників епідемії: кількості інфікованих, кількості тих, хто одужав, кількості летальних і активних випадків, – шляхом вирішення відповідної задачі мінімізації ступеню неузгодженості розрахункових та фактичних траєкторій зазначених показників.

Такий підхід суттєво відрізняється за часовими і трудовими витратами від підходу, що зазвичай використовується при системному моделюванні, коли для визначення параметрів моделі проводяться спеціальні дослідження, що спрямовані на збір та статистичну обробку відповідних даних. При цьому результат точності визначення параметрів моделі не завжди гарантується.

Застосування та відпрацювання всіх цих прийомів та технік моделювання і прогнозування розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 дозволило фахівцям МІРГ ІПРЕЕД НАНУ поступово досягти досить високої точності прогнозів.

Так, наприклад, передостанній прогноз розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 в Україні був опублікований МІРГ 8-го травня 2020 року (див. <https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/137185551257682>). 18-го травня був опублікований аналіз точності цього прогнозу (<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/141365477506356>) за статистичними даними за весь період прогнозування (9-18 травня 2020 г.).

Аналіз фактичних даних за цей період (в цілому фактичний прогнозний період склав 10 днів) наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Fig. 1.

Date	Total Cases			Deaths			Recovered			Active Cases			Forecast	Statistics	MAE	MAPE
	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	Forecast	Statistics	MAE	MAPE				
09.05.2020	14 718	14 710	8	0,05%	378	376	2	0,53%	2 915	2 909	6	0,21%	11 416	11 425	9	0,08%
10.05.2020	15 191	15 232	41	0,27%	394	391	3	0,77%	3 141	3 060	81	2,65%	11 644	11 781	137	1,16%
11.05.2020	15 653	15 648	5	0,03%	407	408	1	0,25%	3 381	3 288	93	2,83%	11 851	11 952	101	0,85%
12.05.2020	16 102	16 023	79	0,49%	420	425	5	1,18%	3 633	3 373	260	7,71%	12 033	12 225	192	1,57%
13.05.2020	16 535	16 425	110	0,67%	434	439	5	1,14%	3 975	3 716	259	6,97%	12 108	12 270	162	1,32%
14.05.2020	16 950	16 847	103	0,61%	449	456	7	1,54%	4 409	4 143	266	6,42%	12 073	12 248	175	1,43%
15.05.2020	17 347	17 330	17	0,10%	460	476	16	3,36%	4 857	4 473	384	8,58%	12 008	12 381	373	3,01%
16.05.2020	17 722	17 858	136	0,76%	475	497	22	4,43%	5 314	4 906	408	8,32%	11 910	12 455	545	4,38%
17.05.2020	18 077	18 291	214	1,17%	491	514	23	4,47%	5 778	5 116	662	12,94%	11 784	12 661	877	6,93%
18.05.2020	18 409	18 616	207	1,11%	508	535	27	5,05%	6 244	5 276	968	18,35%	11 634	12 805	1 171	9,14%
MAE*/MAPE*			92	0,53%			11	2,27%			339	7,50%			374	2,99%

(*) for the whole forecast (09-18.06.2020)

Таблиця 2

Fig. 2.

Date	I _{TC}			I _{CC}			IP				MAE	MAPE
	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	Forecast	Statistics	MAE	MAPE	Forecast	Statistics		
09.05.2020	2,57%	2,56%	0,01%	0,53%	11,55%	11,45%	0,10%	0,89%	22,32%	22,33%	0,01%	0,05%
10.05.2020	2,60%	2,57%	0,03%	1,10%	11,15%	11,33%	0,18%	1,56%	23,32%	22,66%	0,67%	2,94%
11.05.2020	2,60%	2,61%	0,00%	0,16%	10,73%	11,04%	0,31%	2,79%	24,34%	23,62%	0,72%	3,05%
12.05.2020	2,61%	2,65%	0,04%	1,43%	10,27%	11,19%	0,92%	8,23%	25,59%	23,70%	1,89%	7,97%
13.05.2020	2,63%	2,67%	0,04%	1,61%	9,78%	10,57%	0,78%	7,43%	27,07%	25,30%	1,78%	7,02%
14.05.2020	2,65%	2,71%	0,06%	2,07%	9,28%	9,92%	0,63%	6,37%	28,77%	27,30%	1,47%	5,39%
15.05.2020	2,65%	2,75%	0,09%	3,34%	8,72%	9,62%	0,89%	9,30%	30,65%	28,56%	2,10%	7,34%
16.05.2020	2,68%	2,78%	0,10%	3,53%	8,27%	9,20%	0,92%	10,05%	32,66%	30,26%	2,41%	7,95%
17.05.2020	2,72%	2,81%	0,09%	3,22%	7,89%	9,13%	1,24%	13,58%	34,66%	30,78%	3,88%	12,60%
18.05.2020	2,76%	2,87%	0,11%	3,99%	7,56%	9,21%	1,64%	17,86%	36,64%	31,22%	5,43%	17,39%
MAE*/MAPE*			0,06%	2,10%			0,76%	7,80%			2,03%	7,17%

(*) for the whole forecast (09-18.06.2020)

У табл. 1 вказані розрахункові і фактичні значення основних показників епідемії коронавірусу в Україні за весь фактичний прогностичний період, абсолютна і відносна похибки добових прогнозів, а також середня абсолютна похибка MAE і середня абсолютна похибка у відсотках MAPE прогнозу в цілому.

У табл. 2 приведені ті ж дані за коефіцієнтами летальності I_{TC} і I_{CC}, а також запропонованого фахівцями МІРГ ІПРЕЕД НАН України індикатором прогресу IP.

Як свідчать дані цих таблиць, точність прогнозу основних показників епідемії досить висока (точність прогнозу за критерієм MAPE до 10% зазвичай вважається відмінною).

З результатами нових прогностичних розрахунків з урахуванням накопичених по 20-е травня статистичних даних можна ознайомитись на наступних сайтах:

Похибка (MAPE) 7-денного прогнозу основних показників розвитку епідемії коронавірусу в США коливалась у проміжку від **0,47%** до **4,37%** (див. <https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/144576070518630>), похибка (MAPE) 17-денного прогнозу основних показників розвитку епідемії в Іспанії – у проміжку від 1,76% до 6,18% (<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/142945054015065>), похибка (MAPE) 10-денного прогнозу основних показників розвитку епідемії коронавірусу у Франції – у проміжку від **0,28%** до **1,96%** (<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/143405363969034>), похибка (MAPE) 9-денного прогнозу основних показників розвитку епідемії коронавірусу у Німеччині

– у проміжку від **0,29%** до **0,46%**
(<https://www.facebook.com/ab.alyokhin/posts/144090053900565>).

Відпрацювання моделі та методики прогнозування розвитку епідемії коронавірусу COVID-19 на прикладі епідемії в різних країнах світу стало одним з ключових факторів удосконалення моделі та підвищення точності прогнозів МІРГ.