

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут комп'ютерних наук та технологій

Кафедра системного аналізу та обчислювальної математики

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
бакалавра

на тему: Статистичний аналіз показників спалахів коронавірусної інфекції

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТ-817

Спеціальності 124 Системний аналіз

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології та прийняття рішень
в складних умовах

Тарасов П.Д.



Керівник Бахрушин В.С.



Рецензент Нацюк І.М.



2021

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут, факультет _____ Комп'ютерних наук та технологій _____
Кафедра Системного аналізу та очислювальної математики _____
Ступінь вищої освіти _____ Бакалавр _____
Освітня програма Інтелектуальні технології та прийняття рішень в складних умовах _____

Завідувач кафедри _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

« 8 » _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Тарасов Павло Дмитрович

- Тема роботи _____ Статистичний аналіз показників спалахів коронавірусної інфекції _____
керівник роботи Д.ф.-м.н., професор Бахрушин В.Є. _____,
затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » _____ 20 _____ року
№ _____
- Строк подання студентом роботи _____ 07.06.2021 _____
- Вихідні дані до роботи _____ статистичні оцінки (перший квартиль, медіана, третій квартиль) основних параметрів спалахів пандемії _____
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Зібрати дані показників розповсюдження та смертності коронавірусної інфекції. Визначити піки захворюваності та смертності. Разрахувати основні параметри спалахів (1 квартиль, медіана, 3 квартиль) _____

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконання завдання
1	Богданчик Д.Ф.-м.к., упр.		
2	Балишин В.Е. Д.Ф.-м.к., упр.		
3	Богданчик В.Е. Д.Ф.-м.к., упр.		
Медведев	Медведев Д.В. к.ф.-м.к., ін. вив.	1996	2000

7. Дата видачі завдання « 08 » жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент И. Драфт Марасов И.Д.

Керівник проєкту Бохарин В.Е.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 50 с; 17 рисунків; 14 джерел

Об'єкт дослідження – пандемія коронавірусу.

Предмет дослідження – закономірності поширення захворюваності.

Мета роботи – визначення статистичних оцінок для параметрів спалахів захворюваності.

Метод дослідження – статистичний аналіз.

Ключові слова – пандемія, коронавірус, модель, поширення, захворюваність, смертність.

Основні результати – було визначено статистичні оцінки (перший квартиль, медіана, третій квартиль) основних параметрів спалахів пандемії.

ЗМІСТ

Завдання	2
Реферат	4
Вступ6	
1 Огляд літературних даних по темі роботи.....	7
1.1 Математичні моделі пандемії	7
1.2 Емпіричні дані по динаміці захворювання	12
2 Статистичний аналіз	16
Висновки	27
Перелік посилань.....	28
Додаток А, початкові дані	30
Додаток В, емпіричні дані	35
Додаток С, кватилі та медіани	40

ВСТУП

У грудні 2019 року в Китаї було виявлено спалах нової інфекційної хвороби, яку пізніше було названо Coronavirus disease 2019 (COVID-19) і яка спричинена новим типом корона вірусу SARS-CoV-2. За короткий період часу епідемія нової коронавірусної інфекції переросла в пандемію, що охопила майже всі країни світу. На сьогодні в наслідок пандемії у світі померло 3,5 млн людей. Для запобігання пандемії більшість країн запроваджувало суворі карантинні заходи, які істотно вплинули на соціально-економічний розвиток. У зв'язку з цим у світі проводять масові дослідження різних аспектів пандемії і накопичено великий обсяг статистичних даних про різні аспекти пандемії.

Для дослідження і прогнозування епідемій і пандемій часто використовують математичні моделі. При дослідженні COVID-19 найбільш поширеними є моделі на основі SEIR. Такі моделі у найпростіших випадках описують спалах пандемії у вигляді симетричних або слабо асиметричних піків щоденної захворюваності та щоденної смертності. Реальні дані свідчать, що загальна динаміка по окремих країнах часто буває більш складною, але зазвичай може бути представлена у вигляді декількох асиметричних піків, які можуть накладатися один на одного. У зв'язку з цим, метою роботи було визначення статистичних оцінок для параметрів спалахів.

Для цього в роботі було вирішено такі завдання:

- 1) Зібрано дані про основні статистичні характеристики спалахів по різних країнах.
- 2) Здійснено статистичну обробку зібраних даних та визначено квартилі розподілу параметрів спалахів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ПО ТЕМІ РОБОТИ

1.1 Математичні моделі пандемії

У зв'язку з тим що епідемії та пандемії створюють багато різноманітних загроз для людства, в останні кілька десятиріч науковці приділяли значну увагу розробці їх математичних моделей. Ці моделі пройшли апробацію на даних по епідеміях грипу, кору, Ебола та ін.

SIR модель є базовою та передбачає поділ населення на три групи: S - кількість осіб сприйнятливих до захворювання, I - кількість інфікованих осіб та R - кількість осіб, які одужали й мають імунітет. Ця модель не є складною при розв'язуванні й водночас, дає змогу аналізувати поширення багатьох інфекційних захворювань, в тому числі кору, ендемічного паротиту та краснухи.

Оскільки значення S,I,R змінюються з часом (навіть якщо загальна чисельність населення залишається незмінною), в моделях використовують функції їх залежності від часу S(t), I(t) та R(t).

Швидкість поширення епідемії, наприклад, грипу, часто є набагато вищою, ніж швидкість народження і смерті населення, тому, в простих полігамних моделях життєвий цикл населення досить часто опускається. SIR модель без врахування життєвого циклу населення (зміни демографічних показників) може бути описана такою системою диференціальних рівнянь [1]:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta IS}{N}, \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta IS}{N} - \gamma I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I.\end{aligned}\tag{1.1}$$

де N – кількість населення.

Ця модель вперше була запропонована О. Кермаком та Андерсоном Греєм МакКендріком в 1927 – 1933 р [1-3]. Пізніше на її основі були розроблено багато модифікацій, що враховують різні особливості поширення інфекцій [4].

Система 1.1 є нелінійною й не має узагальненого аналітичного розв'язку. Проте, певні важливі результати на основі цієї моделі можуть бути отриманими аналітично.

Карантинні міри, доцільність яких обґрунтовується описаними моделями епідемій, покликані зменшити та розтянути піки зараження на максимально більший час. Розтягування піків дозволяє країні встигати реагувати на розповсюдження інфекції.

Модель SIR не включає людей які вже були інфіковані, тому на практиці частіше використовують модель SEIR [2]:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -a S \frac{I}{N} \\ \frac{dE}{dt} &= a S \frac{I}{N} - b E \\ \frac{dI}{dt} &= b E - c I \\ \frac{dR}{dt} &= c I,\end{aligned}\tag{1.2}$$

E - кількість заражених, але не заразних (інкубаційний період)

На початку епідемії кількість випадків залишається дуже невеликою порівняно із загальною чисельністю населення, тому $S(t) \simeq N$, що призводить до лінеаризації [5]:

$$\frac{dE}{dt} \simeq aI - bE, \quad \frac{dI}{dt} \simeq bE - cI. \quad (1.3)$$

Таким чином, епідемія має тенденцію до експоненціального зростання $e^{\lambda t}$ де λ - найбільше власне значення матриці :

$$\begin{pmatrix} -b & a \\ b & -c \end{pmatrix}. \quad (1.4)$$

Характеристичний поліном :

$$\lambda^2 + (b + c)\lambda + b(c - a) = 0. \quad (1.5)$$

Звідси:

$$\lambda = \frac{-(b + c) + \sqrt{(b + c)^2 - 4b(c - a)}}{2} = \frac{-(b + c) + \sqrt{(b - c)^2 + 4ab}}{2} \quad (1.7)$$

Модель SEIR у статті [5, цит. за 6] була використана для моделювання пандемії коронавірусної інфекції на початковому етапі у Франції. Далі наведено дослідження французьких вчених у статті [6].

Рисунок 1.1 показує сукупну кількість виявлених випадків коронавіруса у Франції в період з 25 лютого по 27 березня 2020 року. Важливе значення для аналізу проведеному французькими вченими має дата 15 березня, з якої були прийняті радикальні заходи для швидкого зупинення епідемії (закриття шкіл, ресторани і т. Д.). За цей період сукупна кількість випадків збільшилось з 13 до 5427 потім до 32964, Рисунок 1.2 показує ті ж дані у логарифмічних

координатах за ординатою, а також лінії лінійної регресії. Є три періоди: в першому, який триває до 6 березня, зростання є швидким, але досить нерівномірним; в другому, який триватиме до 15 березня, зростання є трохи повільнішим, але стійким; в третьому, з 16 березня, зростання повільне і стійке. Вчені скорегували лінію за першими двома періодами, які йдуть з 25 лютого по 15 березня, та побачили, що кількість випадків збільшується пропорційно $e^{\lambda t}$ з темпом зростання $\lambda \approx 0,31$ добу (праворуч червона лінія). Час подвоєння $\log(2)/\lambda \approx 2,2$ днів. Якщо, з іншого боку, ми обмежимося другим періодом у 9 днів, які вирівняні в логарифмічному масштабі, ми отримаємо $\lambda \approx 0,225$ на добу і подвоєння часу 3,1 днів (праворуч синя лінія). Оскільки дані на початку епідемії спотворені великою часткою нових випадків зараження, ймовірно, це друга оцінка, яка є більш надійною; її використано нижче.

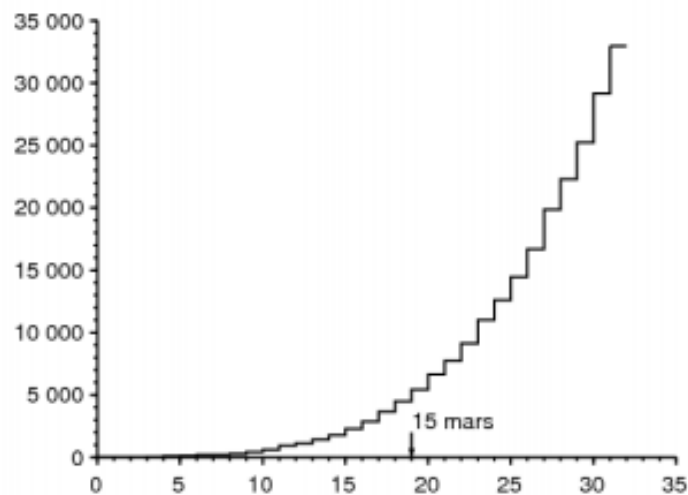


Рисунок 1.1 - Сукупна кількість випадків, виявлених у Франції в період з 25 лютого по 27 березня 2020 року згідно даних газети Santé publique France[цит. за 6].

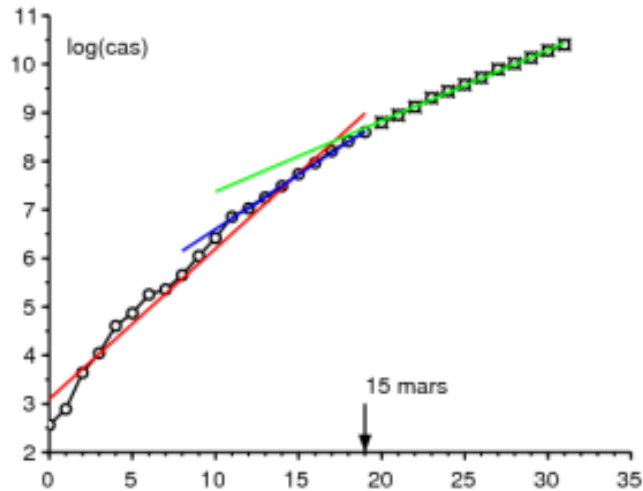


Рисунок 1.2 - Сукупна кількість випадків, виявлених у Франції в період з 25 лютого по 27 березня 2020 року згідно даних газети Santé publique France[цит. за 6].

Вчені розділи французьке населення на чотири частини відповідно до класичної моделі SEIR (див., наприклад, [5, цит. за 6]). Цю модель можна вдосконалювати до нескінченності, щоб зробити її більш реалістичною, але автори [5] пішли іншим шляхом і максимально обмежили кількість невідомих параметрів. Ми також прагнемо отримати результат більш теоретичний, ніж практичний.

Примітка: N - загальна чисельність населення, a - ефективна швидкість контакту, b - швидкість, з якою заражені люди стають заразними, c - швидкість, з якою ізолюються інфекційні люди:

Середня тривалість перебування в групі E дорівнює $1/b$ (1.2), за даними статті[5] становить близько 4 днів. Тому $b = 0,25$ на добу. Середню тривалість перебування в групі I дорівнює $1/c$. Її оцінити складніше, тому що це залежить не тільки від біологічних характеристик вірусу, але і від швидкості, з якою випадки ізолюються, що варіюється від країни до країни. Припустимо,

пройшло близько однієї доби з моменту виникнення епідемії у Франції, коли жителі вже добре проінформовані про існування пандемії; пацієнти ізольовані малий проміжок часу, таким чином $c=1$ в день. З формули (1.7) виводимо, що [6]:

$$a = \frac{(2\lambda + b + c)^2 - (b - c)^2}{4b} = (\lambda + c) \left(1 + \frac{\lambda}{b} \right). \quad (1.8)$$

що дає змогу розрахувати ефективну швидкість контакту численно a від спостережуваної швидкості росту λ .

Із моделей SIR та SEIR випливає, що залежність кількості щоденних нових випадків від часу має форму симетричного або асиметричного максимуму. Асиметрія може бути пов'язана з карантинними заходами, які приводять до змін динаміки у часі.

1.2 Емпіричні дані по динаміці захворюваності

На рисунку 1.3 зображено динаміка загальної кількості інфікованих у світі за даними <https://www.worldometers.info/coronavirus>, на рисунку 1.4– динаміка загальної кількості інфікованих в Європі та Сполучених Штатах Америки за даними <https://www.worldometers.info/coronavirus> за період 22.01.2020 по 17.12.2020. З рисунків видно, що пандемія перебувала на етапі швидкого зростання.

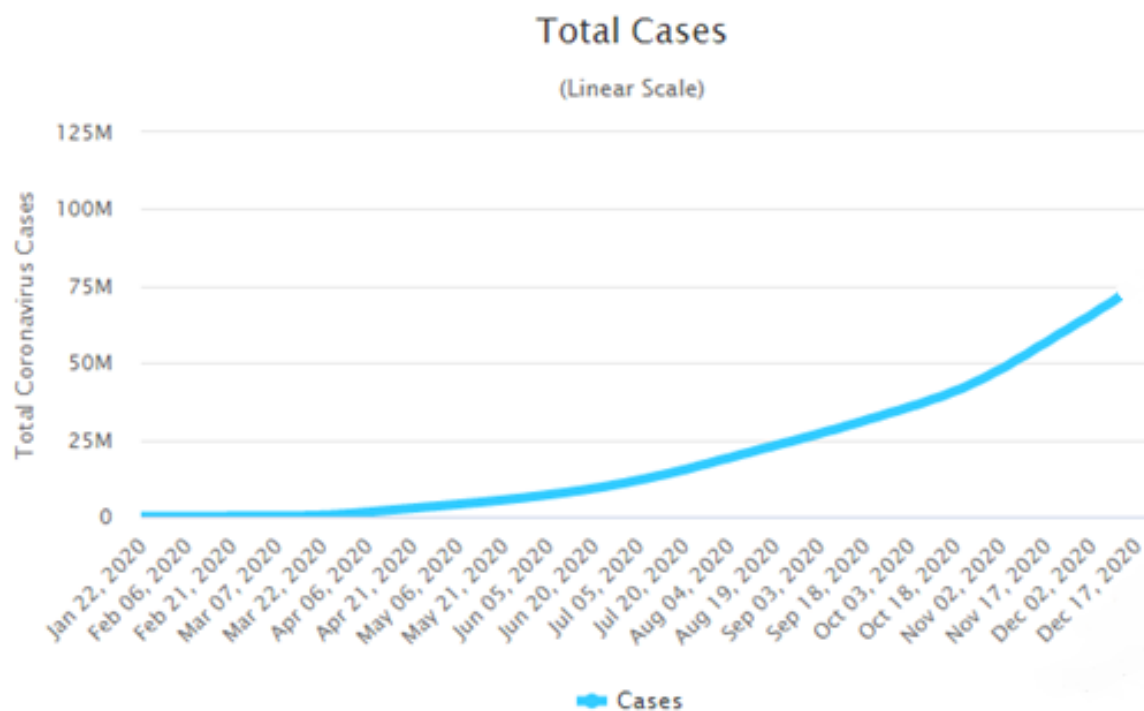


Рисунок 1.3 - Динаміка загальної кількості інфікованих у світі з 22.01.2020 по 17.12.2020.

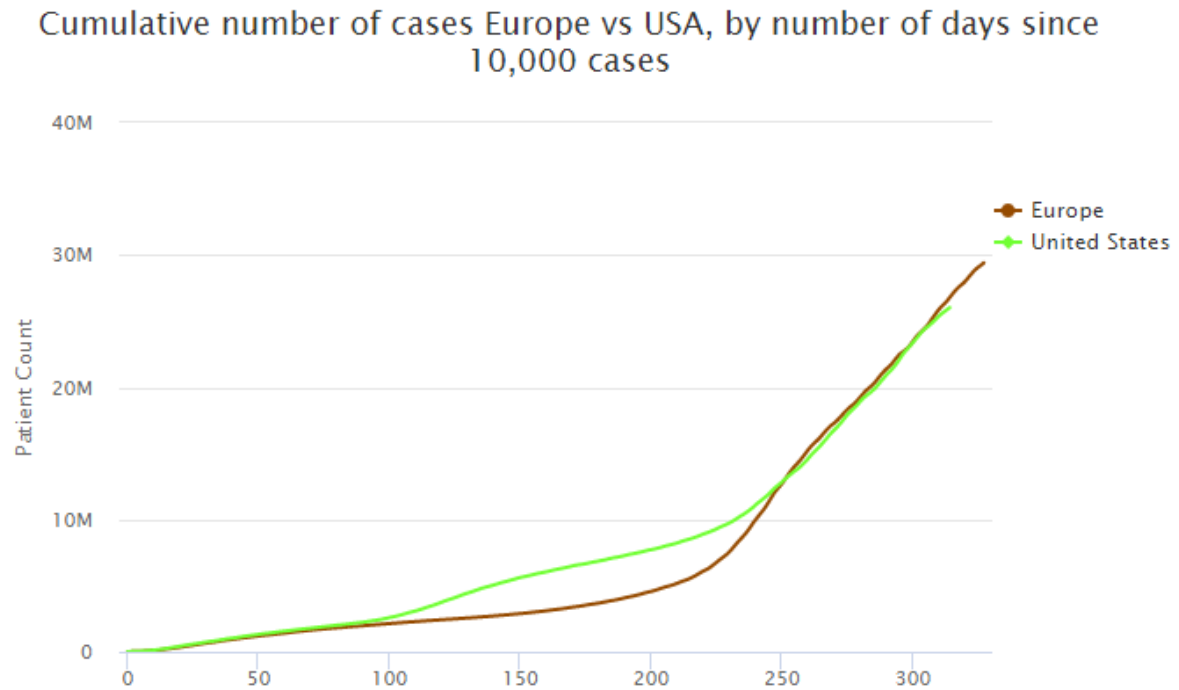


Рисунок 1.4 - Динаміка загальної кількості інфікованих в Європі та Сполучених Штатах Америки починаючи з 10 тисяч випадків.

На рисунках 1.5 та 1.6 наведено кількість щоденних нових випадків в деяких країнах за даними <https://www.endcoronavirus.org/countries#winning> та <https://www.bbc.com/news/world-51235105>.

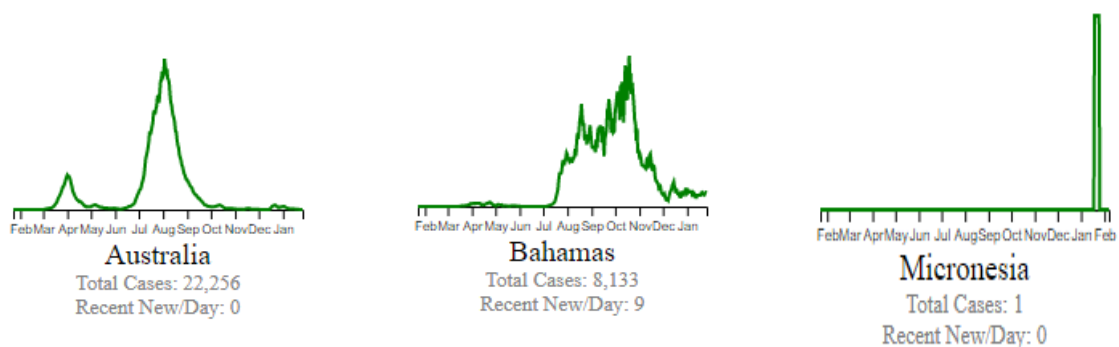


Рисунок 1.5 - Кількість щоденних нових випадків в деяких країнах

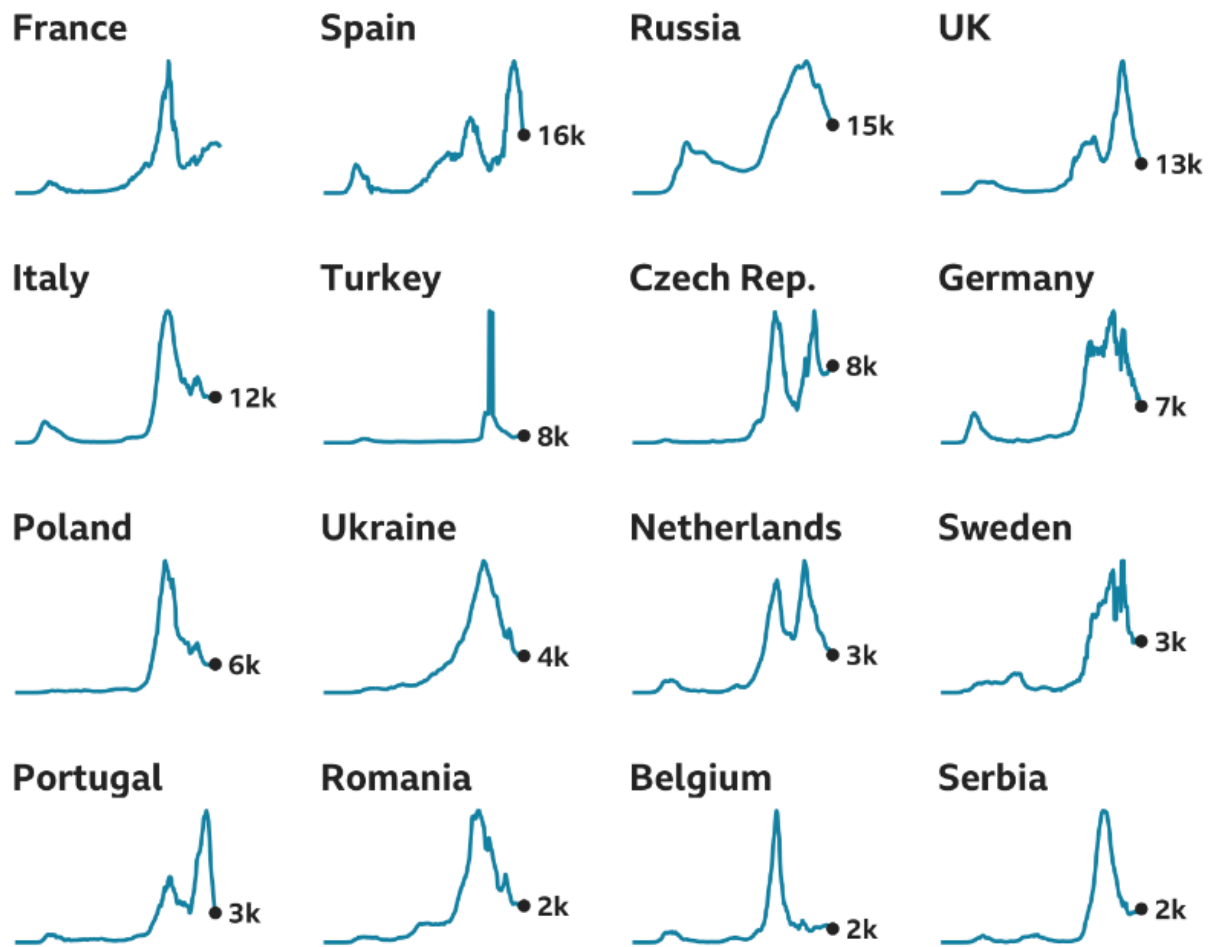


Рисунок 1.6 - Кількість щоденних нових випадків в країнах Європи з найбільшою захворюваністю у 2020 році.

Із рисунків 1.5 та 1.6 видно, що в різних країнах форма спалаху може мати різний вигляд, зокрема симетричного або асиметричного піку, декількох піків що відокремлені один від одного або накладаються, більш складний вигляд. Також наведен приклад країни (Мікронезії) з малою чисельністю населення.

2 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ

Усі дані взяті з сайту endcoronavirus.org. Для аналізу використано набори даних, що відповідають більш-менш чітким пікам. Робота поділяється на 2 етапи. Перший етап полягає у зборі необхідної інформації. Було зібрані дані: загальна кількість випадків зараження, чисельність населення в країні, кількість нових випадків захворювання за день, кількість нових випадків захворювання за день на мільйон мешканців, сума нових випадків захворювання кожні 7 днів, нові випадки смерті за день, нові випадки смертності на мільйон, сума випадків смертності за кожні 7 днів, згладжування показників,

Другий етап це упорядкування зібраних даних, виділення піків, розрахунки показників розповсюдження і смертності.

Проводимо збір даних для подальших розрахунків, дані упорядковуються в виді таблиці.

1	country	date		total_cases	day	week
2	Australia	2019-12-31		0	1	
3	Australia	2020-01-01		0	2	
4	Australia	2020-01-02		0	3	
5	Australia	2020-01-03		0	4	
6	Australia	2020-01-04		0	5	
7	Australia	2020-01-05		0	6	
8	Australia	2020-01-06		0	7	1
9	Australia	2020-01-07		0	8	
10	Australia	2020-01-08		0	9	
11	Australia	2020-01-09		0	10	
12	Australia	2020-01-10		0	11	
13	Australia	2020-01-11		0	12	
14	Australia	2020-01-12		0	13	
15	Australia	2020-01-13		0	14	2
16	Australia	2020-01-14		0	15	
17	Australia	2020-01-15		0	16	
18	Australia	2020-01-16		0	17	
19	Australia	2020-01-17		0	18	
20	Australia	2020-01-18		0	19	

Рисунок 2.1 - Стовбці країн, дат, кількості випадків.

На рисунку 2.1 : Country - назва країни, date - дата, total_cases - усього випадків, day - номер дня від дати початку спостереження, week - номер тижня від початку спостереження.

population	new_cases	new_cases_per_million	cases_per_week
25499881	6	0,666192929	
25499881	5	0,555160775	
25499881	12	1,332385859	
25499881	33	3,664061112	
25499881	25	2,775803873	
25499881	3	0,333096465	88
25499881	29	3,219932492	
25499881	51	5,662639901	
25499881	64	7,106057914	
25499881	115	12,76869781	
25499881	143	15,87759815	
25499881	151	16,76585539	
25499881	205	22,76159176	758
25499881	156	17,32101617	
25499881	316	35,08616095	
25499881	314	34,86409664	
25499881	550	61,0676852	
25499881	453	50,29756618	
25499881	375	41,63705809	
25499881	607	67,39651803	2771
25499881	855	94,93249245	

Рисунок 2.2 - Стовбці із даними про зараження

На рисунку 2.2 : population – чисельність населення в країні, new_cases - кількість нових випадків захворювання за день, new_cases_per_million – кількість нових випадків захворювання за день на мільйон мешканців ($\text{new_cases}/\text{population} \cdot 1000000$), cases_per_week – сума нових випадків захворювання кожні 7 днів.

new_deaths	new_deaths_per_million	death_per_week	smooth_death
0	0		0,729639875
0	0		0,983427658
0	0		0,951704185
0	0		1,110321549
0	0		1,316524123
0	0		1,554450169
0	0	70	1,776514479
0	0		1,68134406
0	0		1,586173642
1	0,111032155		1,871684897
0	0		1,871684897
0	0		1,776514479
0	0		1,824099688
2	0,22206431	118	2,014440525
0	0		2,173057889
1	0,111032155		2,395122199
2	0,22206431		2,395122199
0	0		2,315813517
2	0,22206431		2,34753699
8	0,888257239		2,236504835
9	0,999289394	146	1,90340837

Рисунок 2.3 - Смертність.

На рисунку 2.3: new_death – нові випадки смерті за день, new_death_per_million – нові випадки смертності на мільйон ($\text{new_death}/\text{population} \times 1000000$), death_per_week – сума випадків смертності за кожні 7 днів, smooth_death – згладжування показників new_death_per_million (згладжування методом ковзних середніх з інтервалом 7 днів).

Країна	Дата 1 (досягнення показника 100 випадків на 1 млн.)	Дата 2 (досягнення максимуму кількості щоденних випадків)	Дата 3 (досягнення максимуму кількості щотижневих випадків - середня дата відповідного тижня)	Дата 4 (досягнення половини від максимальної кількості ліворуч від максимуму)	Дата 5 (досягнення половини від максимальної кількості праворуч від максимуму)
Австралія	2020-03-26	2020-04-07	2020-03-27	2020-03-31	2020-04-13
Австрія	2020-03-17	2020-04-09	2020-03-27	2020-03-28	2020-04-30
Бельгія	2020-03-14	2020-04-09	2020-04-09	2020-03-22	2020-04-24
Канада	2020-03-27	2020-04-24	2020-04-23	2020-03-29	2020-05-30
Данія	2020-03-13	2020-04-06	2020-04-09	2020-03-28	2020-04-26
Фінляндія	2020-03-23	2020-04-08	2020-04-09	2020-03-25	2020-05-10
Німеччина	2020-03-20	2020-04-02	2020-04-02	2020-03-20	2020-04-15
Греція	2020-03-29	2020-04-01	2020-04-02	2020-03-21	2020-04-13
Угорщина	2020-04-09	2020-04-10	2020-04-10	2020-04-05	2020-05-04
Ірландія	2020-03-20	2020-04-15	2020-04-11	2020-04-06	2020-04-28
Ізраїль	2020-03-22	2020-04-04	2020-04-02	2020-03-25	2020-04-18
Італія	2020-03-09	2020-03-24	2020-03-26	2020-03-14	2020-04-23
Японія	2020-04-25	2020-04-14	2020-04-16	2020-04-07	2020-04-27
Люксембург	2020-03-16	2020-03-26	2020-03-26	2020-03-19	2020-04-08
Нідерланди	2020-03-18	2020-04-12	2020-04-09	2020-03-22	2020-04-27
Нова Зеландія	2020-03-29	2020-03-28	2020-03-28	2020-03-23	2020-04-07

Рисунок 2.4 - Дати піків зараження

На рисунку 2.4: Країна – стовпчик вказує на країну, яка досліджується, Дата 1 – показує дату, коли було досягнуто показника в 100 мільйонів випадків зараження, Дата 2 – показує дату, коли було досягнуто максимуму випадків зараження за один день. Дата 3 - показує максимум кількості випадків зараження за тиждень (середня дата тижня), Дата 4 – досягнення половини від кількості випадків зараження ліворуч від максимуму, Дата 5 - досягнення половини від кількості випадків зараження праворуч від максимуму.

Час зростання = Дата 2 - Дата 1	Полуширина = Дата 5 - Дата 4	Асиметрія = (Дата 5 - Дата 2)/(Дата 2 - Дата 4)	Висота максимуму (добова кількість випадків на Дату 2)	Загальна кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Загальна кількість випадків на Дату 5 на 1 млн	Зростання
12	13	0,857142857	3,921586928	229,1775401	247,9227	1,081793
23	33	1,75	36,52957897	1439,976017	1705,898	1,184671
26	33	0,833333333	138,5477143	2436,233	4013,593	1,647459
28	62	1,384615385	45,826	1115,437	2368,89	2,123733
24	29	2,222222222	56,60342857	754,29	1457,994	1,932936
16	46	2,285714286	29,75385714	416,553	1061,234	2,547657
13	26	1	66,78228571	877,519	1522,774	1,735317
3	23	1,090909091	8,867571429	126,067	202,82	1,608827
1	29	4,8	10,55871429	123,184	314,171	2,550421
26	22	1,444444444	170,4345714	2324,721	3979,103	1,711648
13	24	1,4	73,13242857	858,179	1499,848	1,74771
15	40	3	93,33885714	1057,312	3098,269	2,930326
-11	20	1,857142857	5,082857143	60,446	105,83	1,750819
10	20	1,857142857	264,9577143	2129,475	4744,591	2,228057
25	36	0,714285714	65,35528571	1424,755	2208,654	1,550199
-1	15	2	14,96028571	86,267	195,553	2,266834

Рисунок 2.5 - Розрахунки швидкості зараження

На рисунку 2.5: Час зростання – кількість днів, які пройшли між досягненням показника 100 випадків на 1 млн і максимумом кількості щоденних випадків (Дата 2 – Дата 1); Полуширина – кількість днів, які пройшли між половиною від кількості випадків зараження праворуч від максимуму та половиною від кількості випадків зараження ліворуч від максимуму (Дата 5 – Дата 4); Асиметрія – показує степінь несиметричності розподілення числових значень відносно середнього значення ((Дата 5 - Дата 2)/(Дата 2 - Дата 4)); Висота максимуму – добова кількість випадків зараження на Дату 2; Загальна кількість Дата 2 – загальна кількість випадків зараження на Дату 2; Загальна кількість Дата 5 – загальна кількість випадків зараження на

Дату 5; Зростання – коефіцієнт зростання випадків зараження з Дата 5 до Дата 2 (Загальна кількість дата 5/Загальна кількість дата 2).

Країна	Дата 6 (досягнення максимуму кількості щоденних летальних випадків)	Дата 7 (досягнення максимуму кількості щотижневих летальних випадків -	Дата 8 (досягнення половини від максимальної кількості ліворуч від максимуму)	Дата 9 (досягнення половини від максимальної кількості праворуч від максимуму)	Полуширина = Дата 9 - Дата 8
Бельгія	2020-04-10	2020-04-09	2020-03-29	2020-04-25	27
Канада	2020-05-04	2020-05-07	2020-04-13	2020-06-04	52
Данія	2020-04-06	2020-04-09	2020-03-27	2020-05-04	38
Фінляндія	2020-04-21	2020-04-23	2020-04-18	2020-04-28	7
Німеччина	2020-04-18	2020-04-16	2020-04-01	2020-05-06	35
Греція	2020-04-02	2020-04-02	2020-03-23	2020-04-14	22
Угорщина	2020-04-18	2020-04-17	2020-04-06	2020-05-13	37
Ірландія	2020-04-23	2020-04-25	2020-04-16	2020-04-30	14
Ізраїль	2020-04-17	2020-04-16	2020-04-02	2020-04-23	21
Італія	2020-03-31	2020-04-02	2020-03-18	2020-04-25	38
Японія	2020-04-26	2020-04-23	2020-04-19	2020-05-17	28
Люксембург	2020-04-09	2020-04-09	2020-04-03	2020-04-16	13
Нідерланди	2020-04-06	2020-04-02	2020-03-26	2020-05-04	39
Норвегія	2020-04-17	2020-04-16	2020-03-31	2020-04-28	28
Португалія	2020-04-11	2020-04-14	2020-03-28	2020-05-02	35
Сербія	2020-04-26	2020-04-24	2020-03-29	2020-05-09	41
Словенія	2020-04-07	2020-04-05	2020-04-02	2020-04-22	20

Рисунок 2.6 - Піки смертності

На рисунку 2.6: Країна - назва країни, яка досліджується; Дата 6 – досягнення максимуму кількості щоденних випадків; Дата 7 – досягнення максимуму кількості щотижневих летальних випадків(середня дата відповідного тижня); Дата 8 - досягнення половини від кількості летальних випадків ліворуч від максимуму; Дата 9 - досягнення половини від кількості випадків смертності праворуч від максимуму; Полуширина – кількість днів між Дата 8 та Дата 9(Дата 9-Дата 8);

Асиметрія = (Дата 9 - Дата 6)/(Дата 6 - Дата 8)	Висота максимуму (добова кількість летальних випадків на Дату 6)	Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9	Зростання	Відстань
1,25	26,13171429	343,842	637,899	1,85521	1
1,476190476	4,678428571	97,557	198,664	2,03639	10
2,8	2,811571429	30,904	83,043	2,68713	0
2,333333333	2,501	17,687	34,833	1,96941	13
1,058823529	2,777571429	49,055	83,5	1,70217	16
1,2	0,493571429	4,797	9,498	1,97999	1
2,083333333	1,345571429	17,805	44,512	2,49997	8
1	14,23414286	155,737	240,998	1,54747	8
0,4	1,138857143	16,406	22,067	1,34506	13
1,923076923	13,59071429	191,708	429,511	2,24044	7
3	0,229428571	2,752	5,883	2,13772	12
1,166666667	7,074857143	73,485	110,228	1,50001	14
2,545454545	8,962285714	103,065	295,071	2,86296	-6
0,647058824	1,344	25,087	35,601	1,4191	21
1,5	3,138	42,661	98,757	2,31492	10
0,464285714	0,903	22,191	30,715	1,38412	9
3	1,855285714	14,43	37,038	2,56674	9

Рисунок 2.7 - Розрахунки летальності

На рисунку 2.7: Асиметрія - Асиметрія – показує ступінь несиметричності розподілення числових значень відносно середнього значення (Дата 9 - Дата 6)/(Дата 6 - Дата 8); Висота максимуму – добова кількість випадків смертності на Дату 6; Загальна кількість на дату 6 - загальна кількість випадків смертності на Дату 9; Загальна кількість на Дату 9 – загальна кількість випадків смертності на Дату 9; Зростання - коефіцієнт зростання випадків зараження з Дата 9 по Дата 6(загальна кількість випадків смертності на Дату 9/ Загальна кількість на дату 6); Відстань – кількість днів між Дата 6(таблиця “Інфіковані”) та Дата 1(таблиця “Летальні”).

По даним які наведено на рисунках 2.4,2.5,2.6 та 2.7 були оцінені статистичні показники основних параметрів піків, які наведено на рисунках 2.8, 2.9, 2.10, 2.11.

	cases			
Назва	Полуширина	Асиметрія	Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн
1 кuartиль	17,000	0,857	86,267	105,830
медиана	22,500	1,400	427,374	816,341
3 кuartиль	31,000	2,000	877,519	1705,898

Рисунок 2.8 - Статистичні показники випадків інфікування

З рисунку 2.8 видно, що для напівширини та асиметрії розкид набагато менше ніж для кількості випадків.

	death				
Назва	Полуширина	Асиметрія	Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Відстань	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9
1 кuartил	20,5	0,91666667	17,746	8,5	1,02092857
медиана	31,5	1,36309524	25,087	10	2,63928571
3 кuartил	38	2,20833333	97,557	13	5,87664286

Рисунок 2.9 - Статистичні показники випадків смертності

На рисунку 2.9: Для напівширини та асиметрії розкид набагато менше ніж для кількості випадків.

Далі наведено статистичні показники другої хвилі коронавірусу в період з 01.07.2020 по 23.04.2021

	cases			
Назва	Полуширина	Асиметрія	Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн
1 кuartиль	21,250	0,537	8438,948	12227,265
медіана	39,000	1,273	20136,725	31225,061
3 кuartиль	53,750	1,520	38665,230	57326,206

Рисунок 2.10 - Статистичні показники випадків інфікування

На рисунку 2.10: Показник напівширини збільшився майже у 2 рази. Показник асиметрії зменшився з 2 до 1,4. Показник кількості випадків на дату 2 на 1 млн збільшився у 6 разів. Показник кількості випадків на дату 5 на 1 млн збільшився майже у 4 рази.

	death			
Назва	Полуширина	Асиметрія	Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9
1 кuartил	22,500	0,561	3,367	1,695
медіана	39,000	1,000	9,663	4,646
3 кuartил	70,250	1,821	17,741	10,197

Рисунок 2.11 - Статистичні показники випадків смертності

На рисунку 2.11: Показник напівширини збільшився з у 2 рази. Показник асиметрії зменшився майже у 2 рази. Показник загальної кількості летальних випадків на Дату 6 збільшився майже у 5 разів. Показник загальної кількості летальних випадків на Дату 9 зменшився у 2 рази.

ВИСНОВКИ

Зібрані дані з сайтів www.worldometers.info, www.endcoronavirus.org, www.bbc.com, про захворюваність та летальність вірусу COVID-19. На основі них був проведений аналіз спалахів захворюваності у 28 країнах. На основі аналізу було визначено найбільш імовірні значення основних параметрів спалахів : параметри випадків інфікування – Полуширина (1 кuartиль – 17, медіана – 22,5, 3 кuartиль – 31), Асиметрія (1 кuartиль – 0,857, медіана – 1,4, 3 кuartиль – 2), Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн (1 кuartиль – 86,267, медіана – 427,374, 3 кuartиль – 877,519), Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн (1 кuartиль – 105,83, медіана – 816,341, 3 кuartиль – 1705,898); параметри випадків смертності - Полуширина (1 кuartиль – 20,5, медіана – 31,5, 3 кuartиль – 38), Асиметрія (1 кuartиль – 0,917, медіана – 1,363, 3 кuartиль – 2,208), Кількість випадків на Дату 6 (1 кuartиль – 17,746, медіана – 25,087, 3 кuartиль – 97,557), Відстань (1 кuartиль – 8,5, медіана – 10, 3 кuartиль – 13), Загальна кількість летальних випадків на Дату 9 (1 кuartиль – 1,021, медіана – 2,639, 3 кuartиль – 5,877).

Для другої хвилі коронавірусу в період з 01.07.2020 по 23.04.2021 показники 1 кuartиля, медіани та 3 кuartиля зазнали змін. Основні параметри спалахів: параметри випадків інфікування – Полуширина (1 кuartиль – 21,25, медіана –39, 3 кuartиль –53,75), Асиметрія (1 кuartиль –0,537, медіана –1,273, 3 кuartиль –1,52), Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн (1 кuartиль –8438,948, медіана –20136,725, 3 кuartиль –38665,230), Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн (1 кuartиль –12227,265, медіана –31225,061, 3 кuartиль –57326,206); параметри випадків смертності - Полуширина (1 кuartиль –22,5, медіана –39, 3 кuartиль –70,25), Асиметрія (1 кuartиль –0,561, медіана –1, 3 кuartиль –1,821), Кількість випадків на Дату 6 (1 кuartиль –3,367, медіана –9,663, 3 кuartиль –

17,741), Загальна кількість летальних випадків на Дату 9 (1 кuartиль –1,695, медіана –4,646, 3 кuartиль –10,197).

Параметри випадків інфікування: показник напівширини збільшився майже у 2 рази. Показник асиметрії зменшився з 2 до 1,4. Показник кількості випадків на дату 2 на 1 млн збільшився у 6 разів. Показник кількості випадків на дату 5 на 1 млн збільшився майже у 4 рази.

Параметри випадків смертності: показник напівширини збільшився з у 2 рази. Показник асиметрії зменшився майже у 2 рази. Показник загальної кількості летальних випадків на Дату 6 збільшився майже у 5 разів. Показник загальної кількості летальних випадків на Дату 9 зменшився у 2 рази.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Kermack, W.** Contributions to the mathematical theory of epidemics – I. Bulletin of Mathematical Biology [Текст] / W. Kermack, A. McKendrick // Proc. R. Soc. Lond. A. –1927. – I. 115. – Н. 700–721 .
2. **Kermack, W.** Contributions to the mathematical theory of epidemics – II. The problem of endemicity. Bulletin of Mathematical Biology [Текст] / W. Kermack, A. McKendrick // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1932. – I. Vol 53 –p. 57-87 .
3. **Kermack, W.** Contributions to the mathematical theory of epidemics – III. Further studies of the problem of endemicity. Bulletin of Mathematical Biology [Текст] / W. Kermack, A. McKendrick // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1933. – I. Vol 141 –p. 89-118 .
4. **Hethcote, H. W.** The Mathematics of Infectious Diseases [Текст] / H. W. Hethcote // SIAM Rev. – 2000. – 42(4). – p. 599-653.
5. **Habart M.** Modélisation stochastique du risque de pandémie : stratégies de couverture et d'assurance. Lavoisier, Cachan [Текст] / Habart M. , Janssen J. , Manca R. // Lavoisier, Cachan. – 2012 – p 98-104 .
6. **Danchin A.** A new transmission route for the propagation of the SARS – CoV – 2 coronavirus [Електронний ресурс] / Danchin A. , Ng P. T.W. , Turinici G. // 2020 - <https://doi.org/10.1101/2020.02.14.20022939>.
7. **Bacaer N.** On the final size of epidemics with seasonality. Bull. Math. Biol [Електронний ресурс] / Bacaer N. , Gomes M. G. M. // 2020 - <https://doi.org/10.1101/2020.02.14.20022939>.
8. **Guan W. J. et coll.** Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. New England Journal of Medicine [Електронний ресурс] / Guan W, Ni Z, Hu Y, et al. N Engl J Med.// 2020 - doi : 10.1056/NEJMoa2002032.

9. **Hecketsweiler C.** Coronavirus : les simulations alarmantes des épidémiologistes pour la France. Le Monde, publié en ligne le [Электронный ресурс] / Hecketsweiler C., Pietralunga C.// 2020 - https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/03/15/coronavirus-les-simulations-alarmantes-des-epidemiologistes-pour-la-france_6033149_3244.html
10. **A. Hillion** Les Théories mathématiques des populations. [Текст] / A. Hillion // Presses Universitaires de France, Paris. – 1986 – 5-11 .
11. **Lin Q. Y.** A conceptual model for the coronavirus disease 2019 (COVID – 19) outbreak in Wuhan, China with individual reaction and governmental action. Int. J. Infect [Текст] / Lin Q. Y. , Zhao S. , Gao D. Z. , et coll.// International Journal of Infectious Diseases – 2020. – Vol93. – p. 211-216.
12. **Lotka A. J.** Théorie analytique des associations biologiques [Текст] / Lotka A. J.// 2e partie. Hermann, Paris. – 1939 – Vol 1 – 56-65.
13. **Nkague Nkamba** des seuils en épidémiologie et stabilité asymptotique d'un modèle à infectivité et susceptibilité différentielle. [Текст]/ Nkague Nkamba, L. Robustesse // Thèse, Université de Lorraine et Université Gaston Berger. – 2012 - 103-105.
14. **Pressat R.** Éléments de démographie mathématique./ Pressat R. //AIDELF, Paris. – 1995 - 1685-1692.

ДОДАТОК А, ПОЧАТКОВІ ДАНІ

Країна	Дата 1 (досягнення показника 100 випадків на 1 млн.)	Дата 2 (досягнення максимуму кількості щоденних випадків)	Дата 3 (досягнення максимуму кількості щотижневих випадків - середня дата відповідного тижня)
Австралія	2020-03-26	2020-04-07	2020-03-27
Австрія	2020-03-17	2020-04-09	2020-03-27
Бельгія	2020-03-14	2020-04-09	2020-04-09
Канада	2020-03-27	2020-04-24	2020-04-23
Данія	2020-03-13	2020-04-06	2020-04-09
Фінляндія	2020-03-23	2020-04-08	2020-04-09
Німеччина	2020-03-20	2020-04-02	2020-04-02
Греція	2020-03-29	2020-04-01	2020-04-02
Угорщина	2020-04-09	2020-04-10	2020-04-10
Ірландія	2020-03-20	2020-04-15	2020-04-11
Ізраїль	2020-03-22	2020-04-04	2020-04-02
Італія	2020-03-09	2020-03-24	2020-03-26
Японія	2020-04-25	2020-04-14	2020-04-16
Люксембург	2020-03-16	2020-03-26	2020-03-26
Нідерланди	2020-03-18	2020-04-12	2020-04-09
Нова Зеландія	2020-03-29	2020-03-28	2020-03-28
Норвегія	2020-03-13	2020-03-27	2020-03-26
Португалія	2020-03-21	2020-04-01	2020-03-31
Сербія	2020-03-30	2020-04-17	2020-04-17
Словенія	2020-03-16	2020-03-29	2020-03-29
Тайланд		2020-04-06	2020-04-03
Південна Корея	2020-03-04	2020-03-03	2020-03-05
Андора	2020-03-17	2020-03-28	2020-03-31
Кіпр	2020-03-23	2020-04-02	2020-04-05
Ліхтенштейн	2020-03-13	2020-03-22	2020-03-21
Словакія	2020-04-08	2020-04-17	2020-04-15
Бруней	2020-03-16	2020-03-16	2020-03-14
Трінідад і Тобаго		2020-03-25	2020-03-23

Австралія	2020-08-01	2020-08-01
Австрія	2020-11-10	2020-11-14
Андора	2020-10-24	2020-10-24
Бельгія	2020-10-27	2020-10-24
Бруней	2020-08-22	2020-08-22
Германія	2020-12-20	2020-12-19
Греція	2020-11-15	2020-11-14
Данія	2020-12-15	2020-12-19
Ізраїль	2021-01-14	2021-01-16
Ірландія	2021-01-07	2021-01-09
Італія	2020-11-13	2020-11-14
Канада	2021-01-06	2021-01-09
Кіпр	2020-12-31	2021-01-02
Ліхтенштейн	2020-12-22	2020-12-19
Люксембург	2020-11-02	2020-10-31
Нідерланди	2020-12-19	2020-12-19
Нова Зеландія	2020-08-15	2020-08-15
Норвегія	2021-03-19	2021-03-23
Португалія	2021-01-25	2021-01-23
Сербія	2020-12-01	2020-12-05
Словакія	2021-01-03	2021-01-02
Словенія	2021-01-07	2021-01-09
Тайланд	2021-04-20	2021-04-17
Фінляндія	2021-03-17	2021-03-20
Японія	2021-01-08	2021-01-09

Дата 4 (досягнення половини від максимальної кількості ліворуч від максимуму)	Дата 5 (досягнення половини від максимальної кількості праворуч від максимуму)	Час зростання = Дата 2 - Дата 1	Полуширина = Дата 5 - Дата 4	Асиметрія = (Дата 5 - Дата 2)/(Дата 2 - Дата 4)
2020-03-31	2020-04-13	12	13	0,857142857
2020-03-28	2020-04-30	23	33	1,75
2020-03-22	2020-04-24	26	33	0,833333333
2020-03-29	2020-05-30	28	62	1,384615385
2020-03-28	2020-04-26	24	29	2,222222222
2020-03-25	2020-05-10	16	46	2,285714286

2020-03-20	2020-04-15	13	26	1
2020-03-21	2020-04-13	3	23	1,090909091
2020-04-05	2020-05-04	1	29	4,8
2020-04-06	2020-04-28	26	22	1,444444444
2020-03-25	2020-04-18	13	24	1,4
2020-03-14	2020-04-23	15	40	3
2020-04-07	2020-04-27	-11	20	1,857142857
2020-03-19	2020-04-08	10	20	1,857142857
2020-03-22	2020-04-27	25	36	0,714285714
2020-03-23	2020-04-07	-1	15	2
2020-03-17	2020-04-08	14	22	1,2
2020-03-24	2020-04-27	11	34	3,25
2020-04-04	2020-05-01	18	27	1,076923077
2020-03-12	2020-04-12	13	31	0,823529412
2020-04-01	2020-04-11		10	1
2020-02-25	2020-03-09	-1	13	0,857142857
2020-03-21	2020-04-11	11	21	2
2020-03-29	2020-04-17	10	19	3,75
2020-03-17	2020-03-29	9	12	1,4
2020-04-05	2020-04-25	9	20	0,666666667
2020-03-12	2020-03-29	0	17	3,25
2020-03-18	2020-03-26		8	0,142857143
2020-07-14	2020-08-15		32	0,777777778
2020-10-28	2020-12-01		34	1,615384615
2020-10-03	2020-11-11		39	0,857142857
2020-10-16	2020-11-05		20	0,818181818
2020-08-21	2020-08-23		2	1
2020-10-26	2021-01-18		84	0,527272727
2020-10-28	2020-12-09		42	1,333333333
2020-12-04	2021-01-05		32	1,909090909
2020-12-23	2021-02-16		55	1,5
2021-01-01	2021-01-15		14	1,333333333
2020-10-22	2020-12-11		50	1,272727273
2020-11-17	2021-01-26		70	0,4
2020-12-24	2021-01-10		17	1,428571429
2020-12-11	2021-01-05		25	1,272727273
2020-10-21	2020-12-20		60	4
2020-12-04	2021-01-13		40	1,666666667
2020-08-13	2020-08-18		5	1,5
2021-02-28	2021-04-17		48	1,526315789
2021-01-05	2021-02-04		30	0,5
2020-11-14	2020-12-24		40	1,352941176
2020-12-04	2021-01-20		47	0,566666667
2020-10-19	2021-02-05		109	0,3625
2021-04-10	2021-04-22		12	0,2

2021-02-05	2021-04-06	60	0,5
2020-12-31	2021-01-29	29	2,625

Висота максимуму (добова кількість випадків на Дату 2)	Загальна кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Загальна кількість випадків на Дату 5 на 1 млн	Зростання
---	--	---	-----------

3,921586928	229,1775401	247,9227	1,081793
36,52957897	1439,976017	1705,898	1,184671
138,5477143	2436,233	4013,593	1,647459
45,826	1115,437	2368,89	2,123733
56,60342857	754,29	1457,994	1,932936
29,75385714	416,553	1061,234	2,547657
66,78228571	877,519	1522,774	1,735317
8,867571429	126,067	202,82	1,608827
10,55871429	123,184	314,171	2,550421
170,4345714	2324,721	3979,103	1,711648
73,13242857	858,179	1499,848	1,74771
93,33885714	1057,312	3098,269	2,930326
5,082857143	60,446	105,83	1,750819
264,9577143	2129,475	4744,591	2,228057
65,35528571	1424,755	2208,654	1,550199
14,96028571	86,267	195,553	2,266834
51,91214286	582,154	1081,486	1,857732
78,70871429	729,942	2338,598	3,203813
56,43242857	781,531	1323,958	1,694057
22,95157143	332,382	571,447	1,719248
0,730659256	31,80516762	36,07451	1,134234
11,87571429	93,858	143,985	1,534073
556,5262409	438,19508	221,8709	0,506329
66,21768035	40,28514051	21,8551	0,54251
52,4425099	149,8357426	78,66376	0,525
20,88048614	10,96356353	5,442533	0,49642
22,85803105	18,61296814	8,163583	0,438596
22,85803105	5,81844195	-43915	-7547,55
21,64155758	701,7679808	913,2199	1,301313
21,64155758	18305,42725	31698,46	1,731643
21,64155758	52261,69676	72050,73	1,378653
21,64155758	29965,53121	41359,52	1,380237
21,64155758	326,8698441	326,8698	1

21,64155758	18081,76972	24579,67	1,359362
21,64155758	7119,313184	11486,07	1,613368
21,64155758	20136,72518	29942,49	1,486959
21,64155758	61210,96301	84867,6	1,386477
21,64155758	25853,03241	33729,22	1,304652
21,64155758	18314,08405	29867,99	1,630875
21,64155758	16731,05223	20181,65	1,206239
21,64155758	25138,74317	31225,06	1,242109
21,64155758	47880,01154	58892,94	1,230011
21,64155758	30513,94942	69855,71	2,289304
21,64155758	40108,26342	52626,01	1,312099
21,64155758	336,3586952	341,9578	1,016646
21,64155758	15779,04104	19763,74	1,252531
21,64155758	63070,65605	73441,16	1,164427
21,64155758	26957,8091	46489,75	1,724538
21,64155758	34336,12784	41903,47	1,22039
21,64155758	64718,32653	82878,61	1,280605
21,64155758	647,3497742	689,2982	1,0648
21,64155758	12397,85169	14450,83	1,165592
21,64155758	2173,89864	3037,561	1,397287

ДОДАТОК В, ЕМПІРИЧНІ ДАНІ

Країна	Позначення країни	Дата 6 (досягнення максимуму кількості щоденних летальних випадків)	Дата 7 (досягнення максимуму кількості щотижневих летальних випадків - середня дата відповідного тижня)	Дата 8 (досягнення половини від максимальної кількості ліворуч від максимуму)
Бельгія		2020-04-10	2020-04-09	2020-03-29
Канада		2020-05-04	2020-05-07	2020-04-13
Данія		2020-04-06	2020-04-09	2020-03-27
Фінляндія		2020-04-21	2020-04-23	2020-04-18
Німеччина		2020-04-18	2020-04-16	2020-04-01
Греція		2020-04-02	2020-04-02	2020-03-23
Угорщина		2020-04-18	2020-04-17	2020-04-06
Ірландія		2020-04-23	2020-04-25	2020-04-16
Ізраїль		2020-04-17	2020-04-16	2020-04-02
Італія		2020-03-31	2020-04-02	2020-03-18
Японія		2020-04-26	2020-04-23	2020-04-19
Люксембург		2020-04-09	2020-04-09	2020-04-03
Нідерланди		2020-04-06	2020-04-02	2020-03-26
Норвегія		2020-04-17	2020-04-16	2020-03-31
Португалія		2020-04-11	2020-04-14	2020-03-28
Сербія		2020-04-26	2020-04-24	2020-03-29
Словенія		2020-04-07	2020-04-05	2020-04-02
Південна Корея		2020-03-26	2020-03-26	2020-03-02
Бруней		2020-03-27	2020-03-28	
Австралія		2020-09-01	2020-09-05	2020-08-05
Австрія		2020-12-19	2020-12-19	2020-11-15

Андора	2020-10-21	2020-10-24	2020-10-18
Бельгія	2020-11-08	2020-11-07	2020-10-28
Бруней	-		
Германія	2021-01-11	2021-01-09	2020-12-09
Греція	2020-12-01	2020-11-28	2020-11-14
Данія	2021-01-19	2021-01-16	2020-12-23
Ізраїль	2021-01-23	2021-01-23	2021-01-05
Ірландія	2021-02-02	2021-01-23	2021-01-13
Італія	2020-12-01	2020-11-28	2020-11-07
Канада	2021-01-08	2021-01-16	2020-11-27
Кіпр	2021-01-11	2021-01-09	2021-01-06
Ліхтенштейн	2021-01-07	2020-12-26	2020-12-18
Люксембург	2020-12-14	2020-12-12	2020-12-06
Нідерланди	2021-01-08	2021-01-09	2020-12-12
Нова Зеландія	-		
Норвегія	2021-01-13	2021-01-16	2021-01-03
Португалія	2021-01-30	2021-01-30	2021-01-14
Сербія	2020-12-07	2020-12-05	2020-11-21
Словакія	2021-03-09	2021-02-27	2020-12-27
Словенія	2020-12-03	2020-12-05	2020-11-04
Тайланд	2021-01-27	2021-04-17	2021-01-22
Фінляндія	2020-12-21	2020-12-19	2020-12-07
Японія	2021-02-04	2021-01-30	2020-12-20

Дата 9 (досягнення половини від максимальної кількості праворуч від максимуму)	Полуширина = Дата 9 - Дата 8	Асиметрія = (Дата 9 - Дата 6)/(Дата 6 - Дата 8)	Висота максимуму (добова кількість летальних випадків на Дату 6)
2020-04-25	27	1,25	26,13171429
2020-06-04	52	1,476190476	4,678428571
2020-05-04	38	2,8	2,811571429
2020-04-28	7	2,333333333	2,501
2020-05-06	35	1,058823529	2,777571429
2020-04-14	22	1,2	0,493571429
2020-05-13	37	2,083333333	1,345571429
2020-04-30	14	1	14,23414286
2020-04-23	21	0,4	1,138857143
2020-04-25	38	1,923076923	13,59071429
2020-05-17	28	3	0,229428571
2020-04-16	13	1,166666667	7,074857143
2020-05-04	39	2,545454545	8,962285714
2020-04-28	28	0,647058824	1,344
2020-05-02	35	1,5	3,138
2020-05-09	41	0,464285714	0,903
2020-04-22	20	3	1,855285714
2020-04-15	44	0,833333333	0,134
2020-09-08	34	0,259259259	0,235295216
2020-12-31	46	0,352941176	9,104636703
2020-10-30	12	3	12,94247072
2020-12-02	35	2,181818182	16,04884925
2021-02-16	69	1,090909091	10,30030276
2021-01-02	49	1,882352941	10,64946787
2021-01-31	39	0,444444444	5,524668248
2021-02-14	40	1,222222222	8,664969642
2021-02-14	32	0,6	20,45446997

2021-02-04	89	2,708333333	12,98339838
2021-02-11	76	0,80952381	4,371769213
2021-01-20	14	1,8	5,70842072
2021-01-10	23	0,15	6,390021343
2020-12-22	16	1	28,75509604
2021-02-24	74	1,740740741	5,07736474
2021-01-24	21	1,1	4,980408548
2021-02-13	30	0,875	28,73476702
2021-01-12	52	2,25	8,229731787
2021-03-25	88	0,222222222	21,24681046
2021-01-09	66	1,275862069	21,64572963
2021-02-01	10	1	0,014326652
2021-01-03	27	0,928571429	3,068194411
2021-03-16	86	0,869565217	0,822287417

Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9	Зростання	Відстань
---	---	-----------	----------

343,842	637,899	1,85521	1
97,557	198,664	2,036389	10
30,904	83,043	2,687128	0
17,687	34,833	1,969413	13
49,055	83,5	1,702171	16
4,797	9,498	1,979987	1
17,805	44,512	2,499972	8
155,737	240,998	1,547468	8
16,406	22,067	1,345057	13
191,708	429,511	2,240444	7
2,752	5,883	2,137718	12
73,485	110,228	1,500007	14
103,065	295,071	2,86296	-6
25,087	35,601	1,419102	21
42,661	98,757	2,314925	10
22,191	30,715	1,38412	9
14,43	37,038	2,566736	9
2,555	4,389	1,717808	23
0,326543301			11

0,862749124	0,336136	0,38961	31
14,35487146	6,85227	0,477348	39
18,48924388	11,09355	0,6	-3
17,68824782	9,898023	0,559582	12
10,67541725	5,151004	0,482511	22
9,662644594	4,646293	0,480851	16
6,141260686	3,206281	0,522088	35
7,493135652	3,713558	0,495595	9
12,12223892	6,59635	0,544153	26
12,25802927	6,436174	0,525058	18
4,042467116	2,036374	0,503745	2
4,077443371	2,120271	0,52	11
37,45893564	14,98357	0,4	16
13,92111793	6,846451	0,491803	42
6,286261107	3,043084	0,484085	20
1,185811559	0,658784	0,555556	-65
28,52461514	14,8087	0,519155	5
8,649616062	4,366796	0,504854	6
17,89755955	11,72238	0,654971	65
25,01284313	12,64385	0,505495	-35
0,012279987	0,00614	0,5	-83
1,340723608	0,670362	0,5	-86
0,772588727	0,330948	0,428363	27

ДОДАТОК С, КВАРТИЛІ ТА МЕДІАНИ

7			0,4		
13			0,464285714		
14			0,647058824		
20	1 квартиль=	20,5	0,833333333	1 квартиль=	0,916667
21			1		
22			1,058823529		
27			1,166666667		
28			1,2		
28	Медіана=	31,5	1,25	Медіана=	1,363095
35			1,476190476		
35			1,5		
37			1,923076923		
38	3 квартиль=	38	2,083333333	3 квартиль=	2,208333
38			2,333333333		
39			2,545454545		
41			2,8		
44			3		
52			3		
0,326543301			-6		
2,555			0		
2,752			1		
4,797			1		
1					
14,43	квартиль=	17,746	7	1 квартиль=	8,5
16,406			8		
17,687			8		
17,805			9		
22,191			9		
25,087	Медіана=	25,087	10	Медіана=	10
30,904			10		

42,661			11		
49,055			12		
73,485			13		
	3				
97,557	квартиль=	97,557	13	3 кварталъ=	13
103,065			14		
155,737			16		
191,708			21		
343,842			23		

0,134				
0,229429				
0,493571				
0,903	1 кварталъ=	1,02092857		
1,138857				
1,344				
1,345571				
1,855286				
2,501	Медіана=	2,63928571		
2,777571				
2,811571				
3,138				
4,678429	3 кварталъ=	5,87664286		
7,074857				
8,962286				
13,59071				
14,23414				
26,13171				

8			0,142857143		
10			0,666666667		
12			0,714285714		
13			0,823529412		
13			0,833333333		
15			0,857142857		
17	1 кварталъ=	17	0,857142857	1 кварталъ=	0,857143
19			1		
20			1		
20			1,076923077		
20			1,090909091		
21			1,2		
22			1,384615385		
22	Медіана=	22,5	1,4	Медіана=	1,4
23			1,4		
24			1,444444444		

26				1,75		
27				1,857142857		
29				1,857142857		
29				2		
31	3 квартиль=	31		2	3 квартиль=	2
33				2,222222222		
33				2,285714286		
34				3		
36				3,25		
40				3,25		
46				3,75		
62				4,8		

Полуширина
= Дата 5 -
Дата 4

Асиметрія = (Дата
5 - Дата 2)/(Дата 2
- Дата 4)

5,81844195				2,55194822		
10,96356353				5,44253273		
18,61296814				8,16358252		
31,80516762				21,8550965		
40,28514051				36,0745099		
60,446				78,6637648		
	1					
86,267	квартиль=	86,267		105,83	1 квартал=	105,83
93,858				143,985		
123,184				195,553		
126,067				202,82		
149,8357426				221,870927		
229,1775401				247,922726		
332,382				314,171		
416,553	Медіана=	427,37404		571,447	Медіана=	816,3405
438,19508				1061,234		
582,154				1081,486		
729,942				1323,958		
754,29				1457,994		
781,531				1499,848		
858,179				1522,774		
	3					
877,519	квартиль=	877,519		1705,89803	3 квартал=	1705,898
1057,312				2208,654		
1115,437				2338,598		
1424,755				2368,89		
1439,976017				3098,269		
2129,475				3979,103		
2324,721				4013,593		
2436,233				4744,591		
Загальна кількість випадків на Дату 2				Загальна кількість випадків на Дату 5		

10			0,15		
12			0,222222222		
14			0,259259259		
16			0,352941176		
21			0,444444444		
23	1 кuartиль=	22,5	0,6	1 кuartиль=	0,561111
27			0,80952381		
30			0,869565217		
32			0,875		
34			0,928571429		
35			1		
39	Медіана=	39	1	Медіана=	1
40			1,090909091		
46			1,1		
49			1,222222222		
52			1,275862069		
66			1,740740741		
69	3 кuartиль=	70,25	1,8	3 кuartиль=	1,820588
74			1,882352941		
76			2,181818182		
86			2,25		
88			2,708333333		
89			3		

Полуширина
= Дата 9 -
Дата 8

Асиметрія = (Дата
9 - Дата 6)/(Дата 6
- Дата 8)

0,012279987
0,772588727
0,862749124
1,185811559
1,340723608
1
4,042467116 кuartиль= 3,36703124
4,077443371
6,141260686
6,286261107
7,493135652
8,649616062
9,662644594 Медіана= 9,66264459

10,67541725
 12,12223892
 12,25802927
 13,92111793
 14,35487146

3

17,68824782 квартиль= 17,7405758
 17,89755955
 18,48924388
 25,01284313
 28,52461514
 37,45893564

Загальна
 кількість
 летальних
 випадків на
 Дату 6

0,00613999
 0,3309481
 0,33613602
 0,6587842
 0,6703618

2,03637388 1 квартиль= 1,694871

2,12027055
 3,04308396
 3,20628068
 3,71355842
 4,36679646

4,64629293 Медіана= 4,646293

5,15100391
 6,43617419
 6,59634958
 6,84645144
 6,85227013

9,898023 3 квартиль= 10,1969

11,0935463
 11,7223782
 12,6438548
 14,8087025
 14,9835743

Загальна
кількість
летальних
випадків
на Дату 9

2		
5		
12		
14		
17		
20	1 кuartиль=	21,25
25		
29		
30		
32		
32		
34		
39	Медіана=	39
40		
40		
42		
47		
48		
50		
55	3 кuartиль=	53,75
60		
60		
70		
84		
109		

Полуширина
= Дата 5 -
Дата 4

0,3625
 0,4
 0,5
 0,5
 0,527272727 1 кuartиль= 0,537121
 0,566666667
 0,777777778
 0,818181818
 0,857142857
 1
 1,272727273
 1,272727273 Медіана= 1,272727
 1,333333333
 1,333333333
 1,352941176
 1,428571429
 1,5
 1,5
 1,526315789 3 кuartиль= 1,519737
 1,615384615
 1,666666667
 1,909090909
 2,625
 4

Асиметрія = (Дата
 5 - Дата 2)/(Дата 2
 - Дата 4)

326,8698441
 336,3586952
 647,3497742
 701,7679808
 2173,89864
 1
 7119,313184 кuartиль= 8438,94781
 12397,85169
 15779,04104
 16731,05223
 18081,76972
 18305,42725
 18314,08405
 20136,72518 Медіана= 20136,7252
 25138,74317
 25853,03241

26957,8091
 29965,53121
 30513,94942
 34336,12784
 3
 40108,26342 квартиль= 38665,2295
 47880,01154
 52261,69676
 61210,96301
 63070,65605
 64718,32653

Загальна
 кількість
 випадків на
 Дату 2 на 1
 млн

326,869844
 341,957761
 689,298212
 913,219948
 3037,56135
 12227,
 26
 11486,0747 1 квартиль=
 14450,8347
 19763,7368
 20181,6499
 24579,6733
 29867,9855
 29942,4934
 31225,0613 Медіана=
 31698,4589
 33729,2185
 41359,5239
 41903,4724
 46489,7549
 52626,0101
 57326,
 21
 58892,9386 3 квартиль=
 69855,7133
 72050,7345
 73441,161
 82878,6127
 84867,601

Загальна кількість випадків на Дату 5 на 1 млн

Назва	cases Полуширина	Асиметрія	Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн
1 квартиль	17,000	0,857	86,267	105,830
медіана	22,500	1,400	427,374	816,341
3 квартиль	31,000	2,000	877,519	1705,898
Відношення				

Назва	death Полуширина	Асиметрія	Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Відстань	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9
1 квартиль	20,500	0,917	17,746	8,500	1,021
медіана	31,500	1,363	25,087	10,000	2,639
3 квартиль	38,000	2,208	97,557	13,000	5,877

Назва	cases Полуширина	Асиметрія	Кількість випадків на Дату 2 на 1 млн	Кількість випадків на Дату 5 на 1 млн
1 квартиль	21,250	0,537	8438,948	12227,265
медіан	39,000	1,273	20136,725	31225,061

а				
3				
квартиль				
ь	53,750	1,520	38665,230	57326,206

Назва	death Полуширина	Асиметрія	Загальна кількість летальних випадків на Дату 6	Загальна кількість летальних випадків на Дату 9
1				
квартиль	22,500	0,561	3,367	1,695
медіана	39,000	1,000	9,663	4,646
3				
квартиль	70,250	1,821	17,741	10,197

