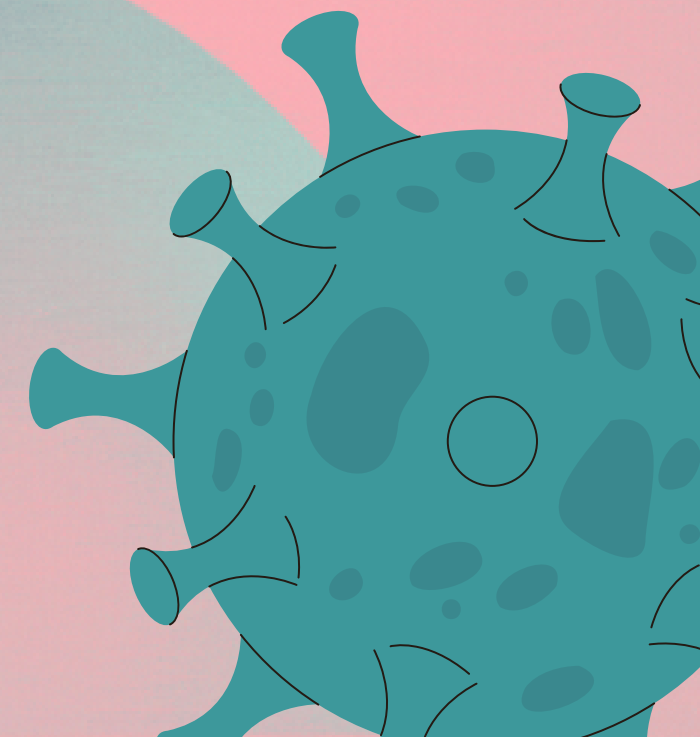
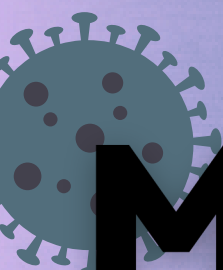


Розробка математичної моделі поширення епідемії Covid-19 в Україні в умовах воєнного стану

Виконала: Ляпіна Анна Юріївна
студентка 4-го року навчання
освітньої програми «Прикладна Математика»,
спеціальності 113

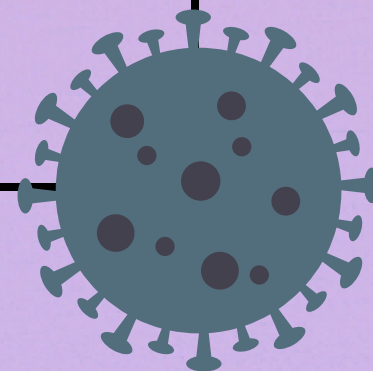
Керівник: Власенко Катерина Володимирівна
доктор педагогічних наук, професор

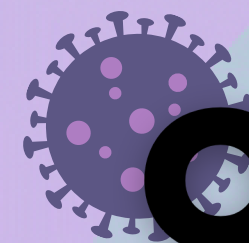




Мета та задачі

1	аналіз літератури
2	дослідження моделей
3	варіації моделей
4	знайти ту, яку можна взяти за основу
5	модифікація моделі
6	візуалізація моделі
7	ВИСНОВКИ

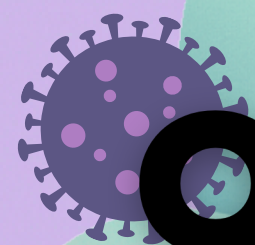




Огляд відомих підходів до розв'язку задачі

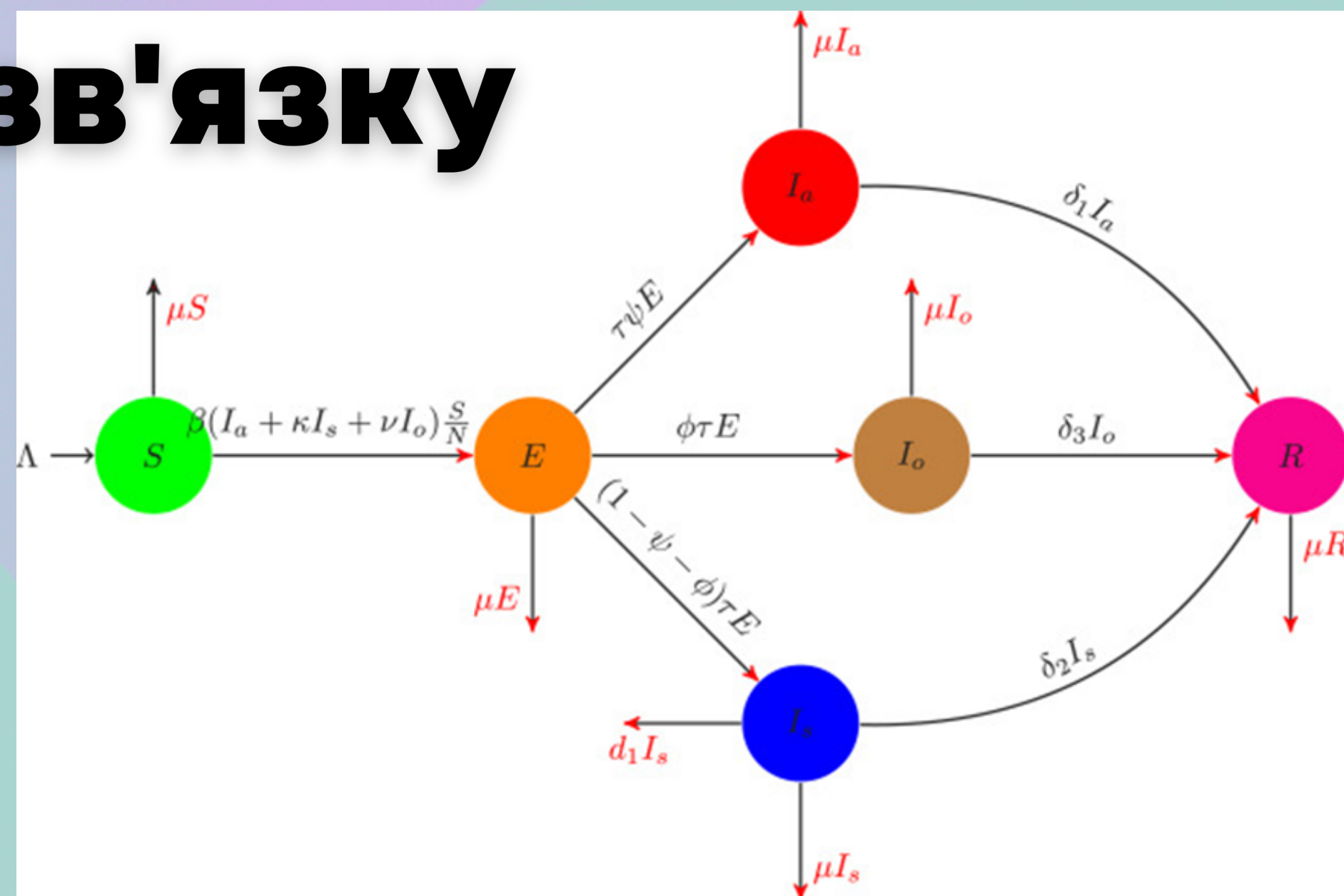


- стратегії втручання та контроль поширення хвороби
- моделі прогнозування рівня захворюваності, госпіталізації та смертності
- ефективність розподілу обмежених медичних ресурсів

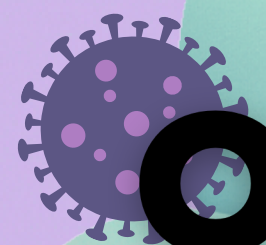


Огляд відомих підходів до розв'язку задачі

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = \Lambda - \frac{\beta(I_a + \kappa I_s + \nu I_o)}{N} S - \mu S, \\ \frac{dE(t)}{dt} = \frac{\beta(I_a + \kappa I_s + \nu I_o)}{N} S - (\tau + \mu)E, \\ \frac{dI_a(t)}{dt} = \tau\psi E - (\delta_1 + \mu)I_a, \\ \frac{dI_s(t)}{dt} = (1 - \psi - \phi)\tau E - (\delta_2 + \mu + d_1)I_s, \\ \frac{dI_o(t)}{dt} = \phi\tau E - (\delta_3 + \mu)I_o, \\ \frac{dR(t)}{dt} = \delta_1 I_a + \delta_2 I_s + \delta_3 I_o - \mu R. \end{cases}$$

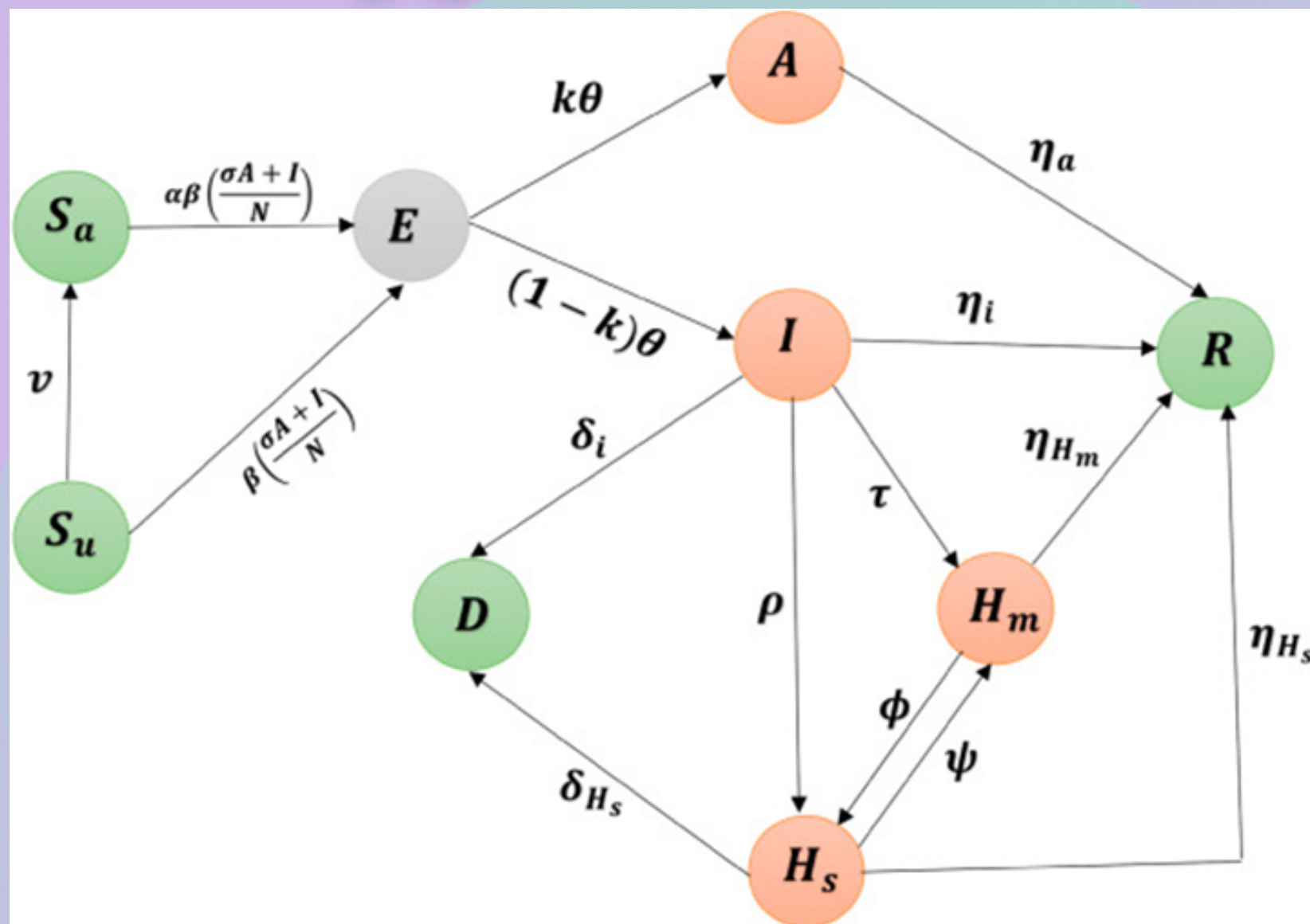


- Модель динаміки зараження на COVID-19, а також його версії
MICR N [1]

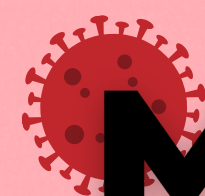


Огляд відомих підходів до розв'язку задачі

- Модель, що розглядає спосіб передачі захворюваності від людини до людини як потенційний шлях передачі **[2]**

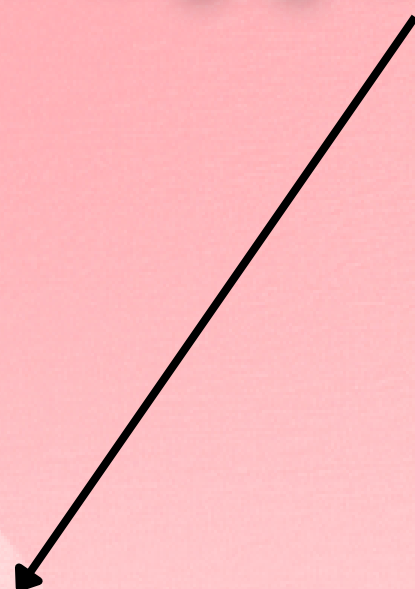


$$\begin{cases} \frac{dS_a}{dt} = -\frac{\alpha\beta S_a(\sigma A + I)}{N} + vS_u, \\ \frac{dS_u}{dt} = -\frac{\beta S_u(\sigma A + I)}{N} - vS_u, \\ \frac{dE}{dt} = -\frac{\beta(\sigma A + I)(\alpha S_a + S_u)}{N} - \theta E, \\ \frac{dA}{dt} = k\theta E - \eta_a A, \\ \frac{dI}{dt} = (1 - k)\theta E - (\eta_i + \tau + \rho + \delta_i)I, \\ \frac{dH_m}{dt} = \tau I + \psi H_s - (\eta_{H_m} + \varphi)H_m, \\ \frac{dH_s}{dt} = \rho I + \varphi H_m - (\eta_{H_s} + \psi + \delta_{H_s})H_s, \\ \frac{dR}{dt} = \eta_a A + \eta_i I + \eta_{H_m} H_m + \eta_{H_s} H_s, \\ \frac{dD}{dt} = \delta_i I + \delta_{H_s} H_s. \end{cases}$$



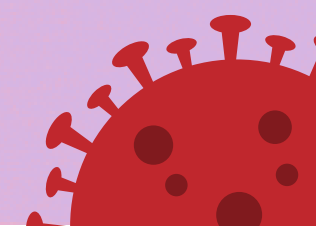
Модель SIR [3]

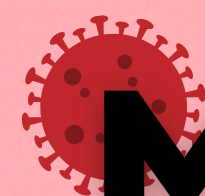
S (Susceptible)



$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - \sigma I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t). \end{cases}$$

$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$





Модель SIR

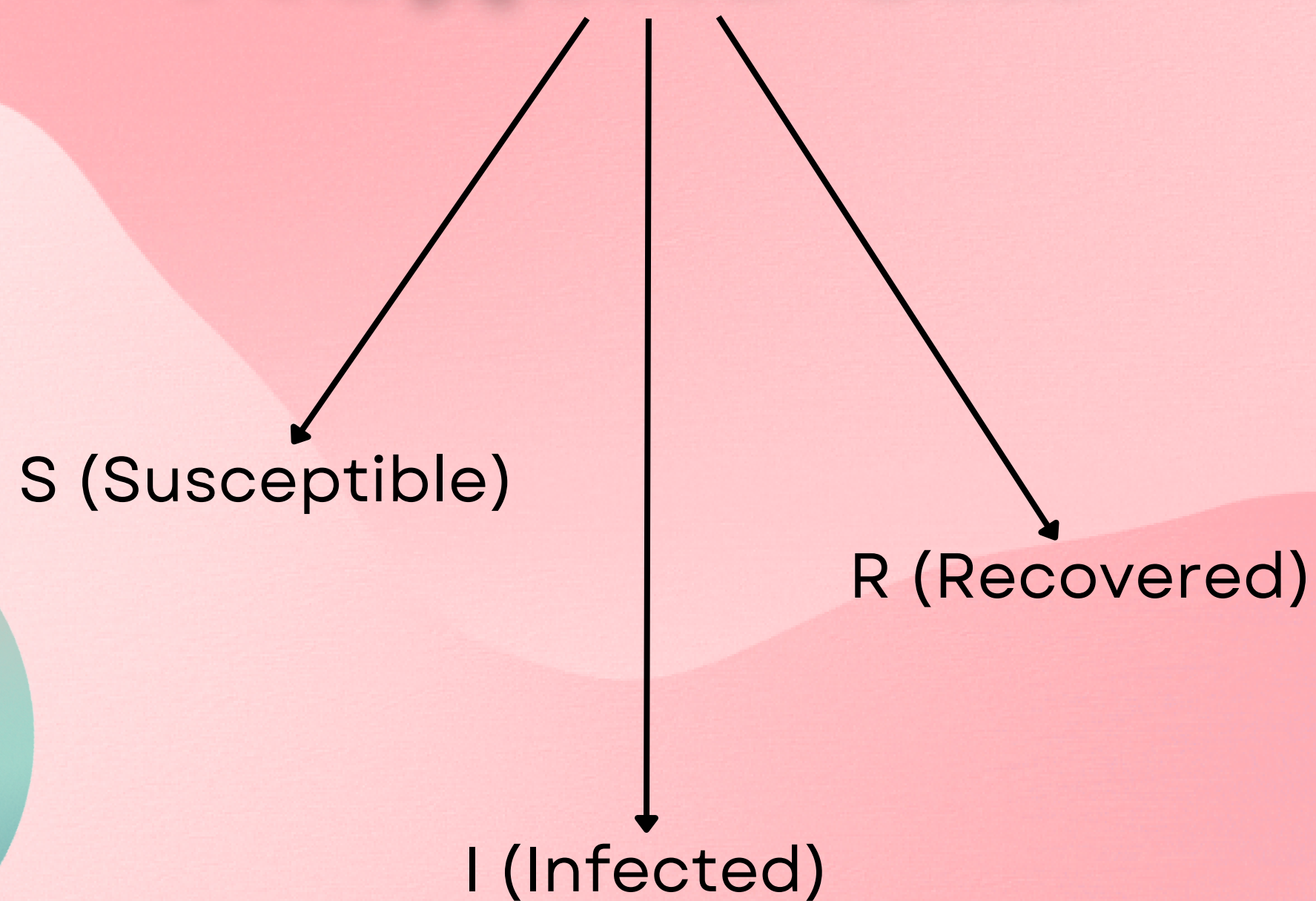
S (Susceptible)

I (Infected)

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - \sigma I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t). \end{cases}$$

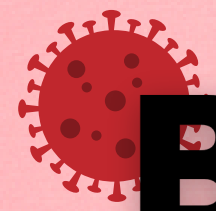
$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

Модель SIR



$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - \sigma I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t). \end{cases}$$

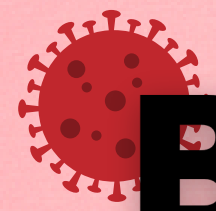
$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$



Варіації SIR

SIRD [4]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - (\sigma + \delta)I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t), \\ \frac{dD(t)}{dt} = \delta I(t), \\ S(t) + I(t) + R(t) + D(t) = N. \end{array} \right.$$



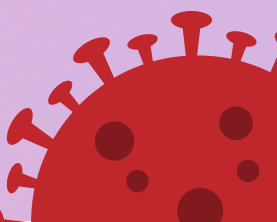
Варіації SIR

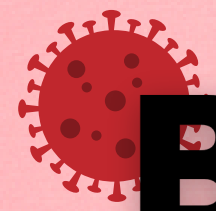
SIRD

SEIR [5]

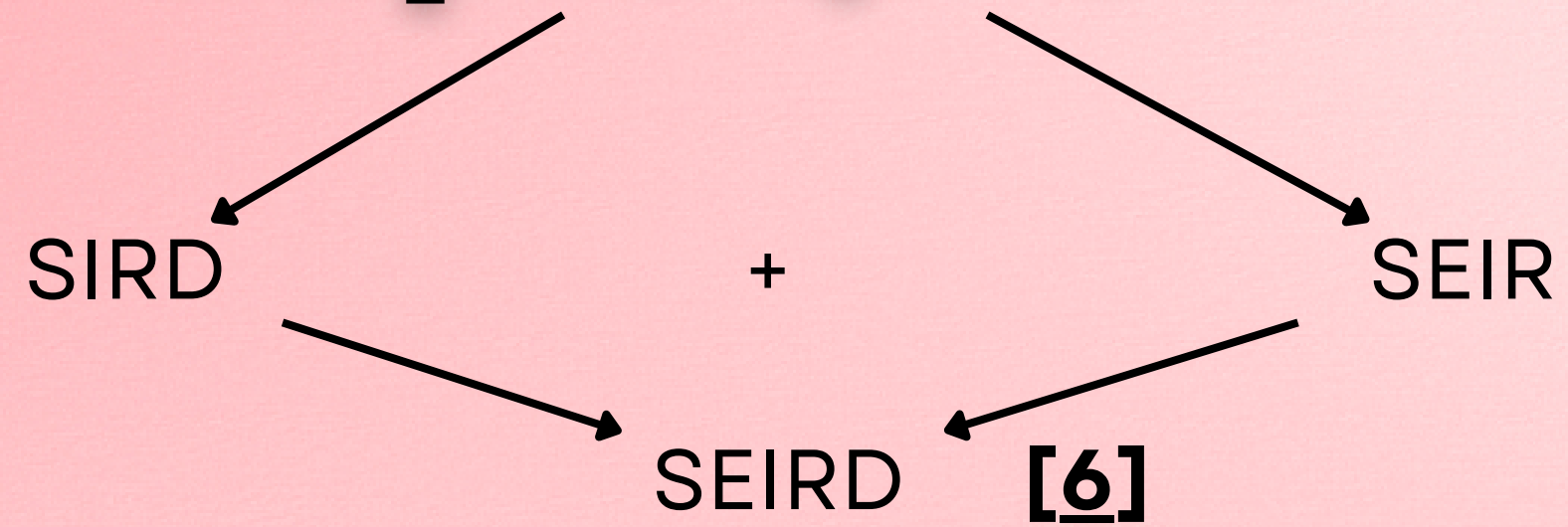
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dI(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - (\sigma + \delta)I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t), \\ \frac{dD(t)}{dt} = \delta I(t), \\ S(t) + I(t) + R(t) + D(t) = N. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dE(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - \gamma E(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \gamma E(t) - \sigma I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t), \\ S(t) + E(t) + I(t) + R(t) = N. \end{array} \right.$$

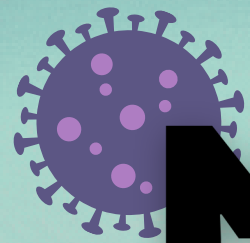




Варіації SIR

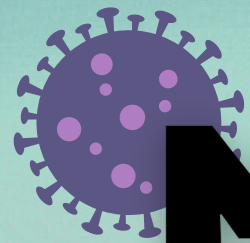


$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)I(t)}{N}, \\ \frac{dE(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)I(t)}{N} - \gamma E(t), \\ \frac{dI(t)}{dt} = \gamma E(t) - (\sigma + \delta)I(t), \\ \frac{dR(t)}{dt} = \sigma I(t), \\ \frac{dD(t)}{dt} = \delta I(t), \\ S(t) + E(t) + I(t) + R(t) + D(t) = N. \end{array} \right.$$



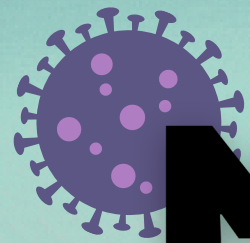
Модифікація моделі

- $S(t)$ – вразливі,
- $E(t)$ – вже заразились, але ще не заразні,
- $I(t)$ – інфіковані,
- $R(t)$ – одужалі,
- $D(t)$ – померлі,
- N – кількість населення на території України.



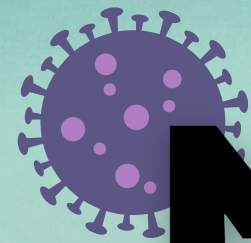
Модифікація моделі

- $S(t)$ – вразливі,
- $E(t)$ – вже заразились, але ще не заразні,
- $I(t)$ – інфіковані,
 - $i1$ – не ігнорують
 - $i2$ – ігнорують
- $R(t)$ – одужалі,
- $D(t)$ – померлі,
- N – кількість населення на території України.



Модифікація моделі

- $S(t)$ – вразливі,
- $E(t)$ – вже заразились, але ще не заразні,
- $I(t)$ – інфіковані,
 - $i1$ – не ігнорують
 - $i2$ – ігнорують
- $R(t)$ – одужалі,
- $D(t)$ – померлі,
- N – кількість населення на території України.
 - $n1$ – вдома
 - $n2$ – закордоном



Модифікація моделі

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\alpha S(t)(i_1+i_2)}{N},$$

$$\frac{dE(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)(i_1+i_2)}{N} - \gamma E(t),$$

$$\frac{dI_1(t)}{dt} = \rho\gamma E(t) - \sigma_1 i_1 - \xi_1 i_1,$$

$$\frac{dI_2(t)}{dt} = (1 - \rho)\gamma E(t) - \sigma_2 i_2 - \xi_2 i_2,$$

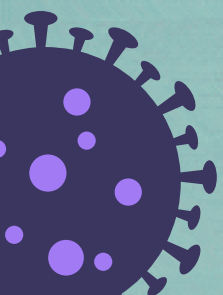
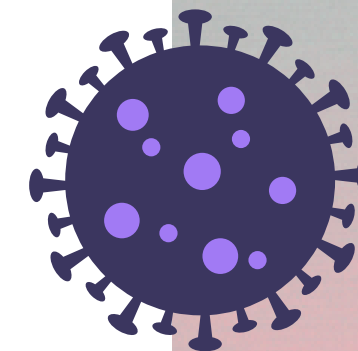
$$\frac{dR(t)}{dt} = \sigma_1 i_1 + \sigma_2 i_2,$$

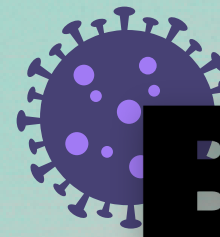
$$\frac{dD(t)}{dt} = \delta_1 i_1 + \delta_2 i_2,$$

$$n_1 = S(t) + E(t) + (1 - \sigma_1)i_1,$$

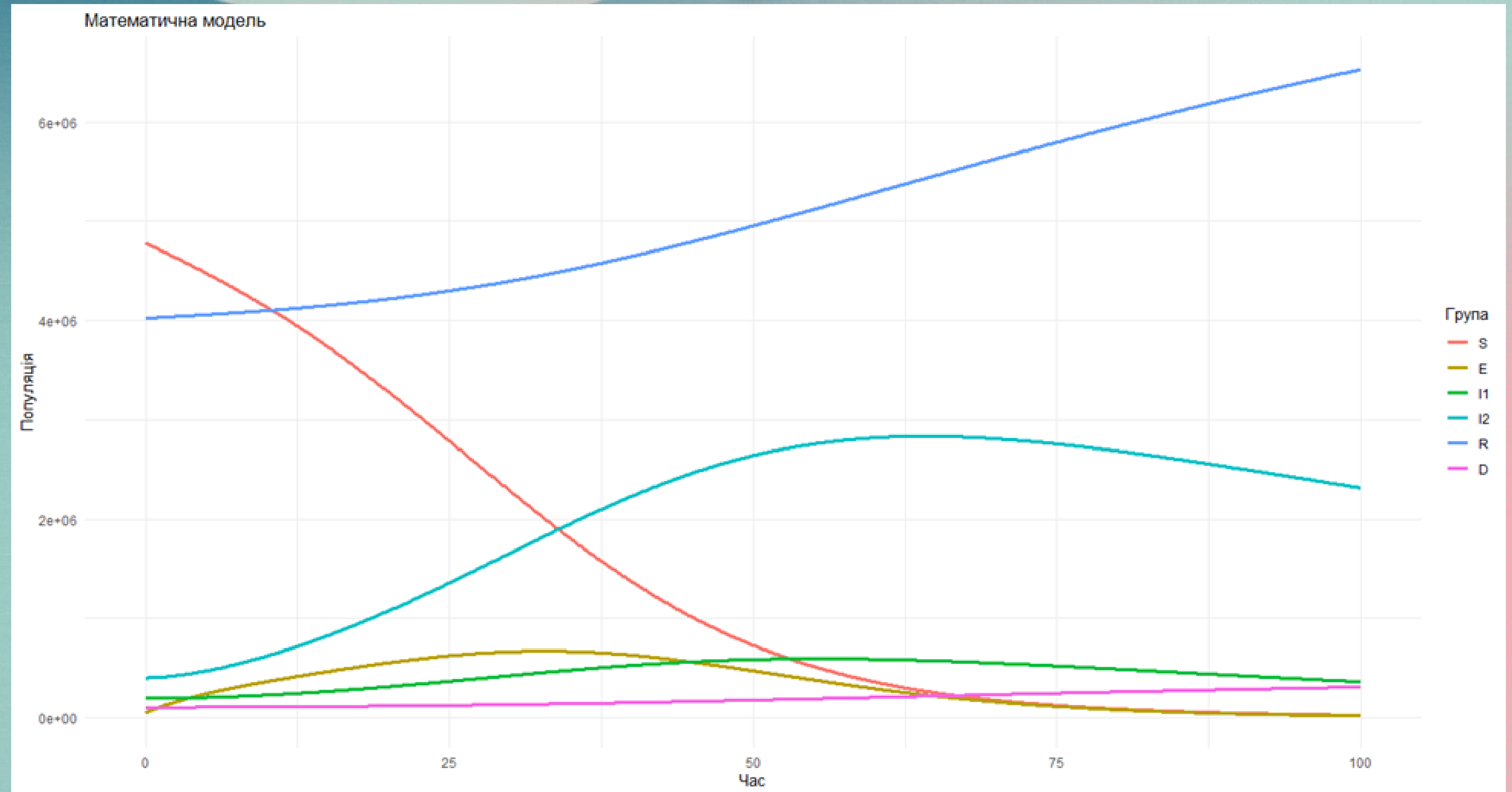
$$n_2 = (1 - \alpha)(1 - \sigma_2)i_2,$$

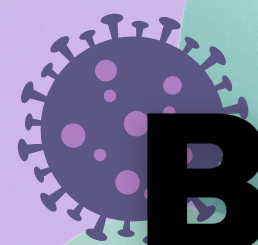
$$S(t) + E(t) + I_1(t) + I_2(t) + R(t) + D(t) = n_1 + n_2.$$





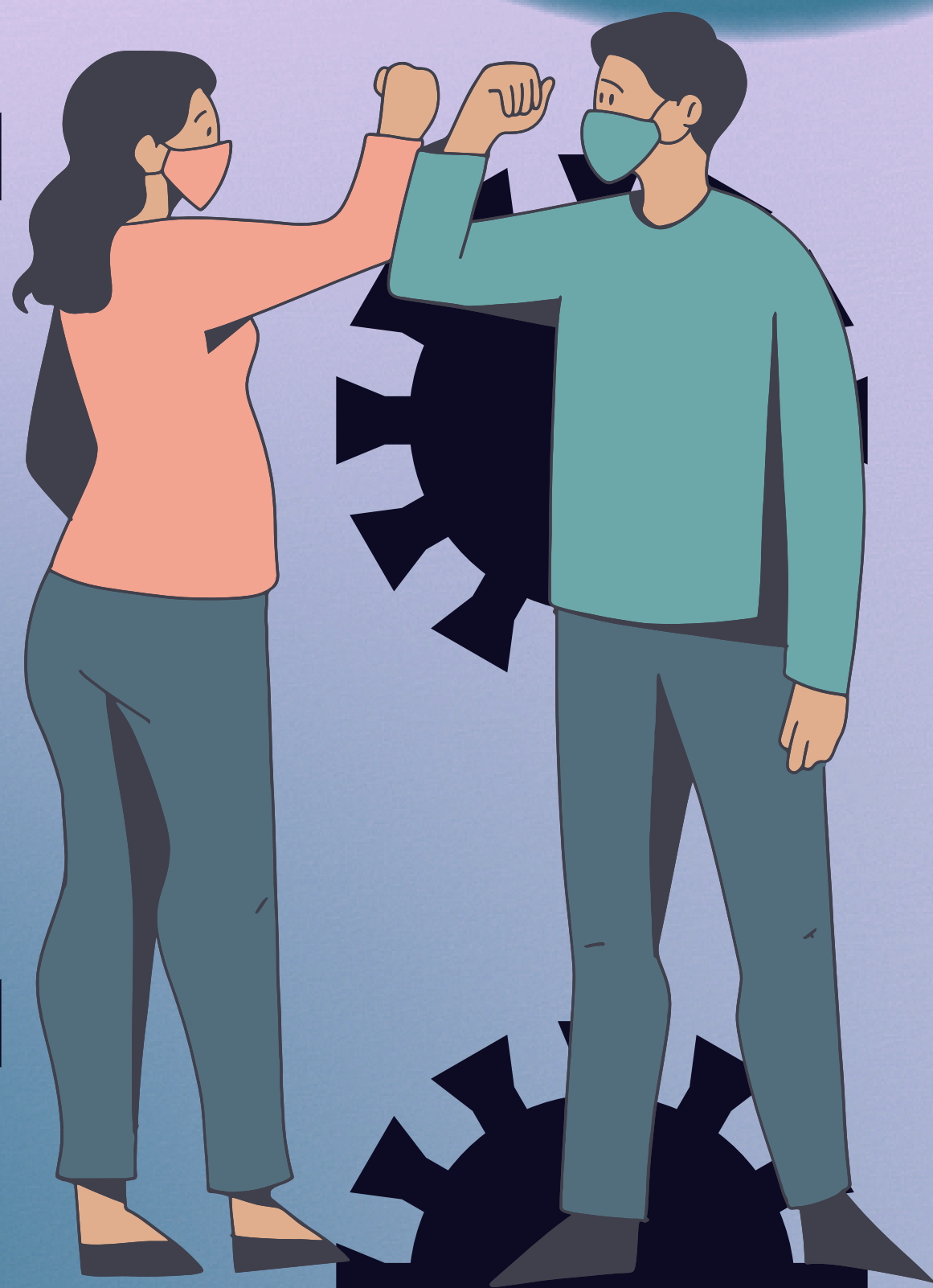
Візуалізація





Висновок





zaxid.net

<https://zaxid.net> › Новини › Світ

ВООЗ скасувала статус пандемії через COVID-19 - Zaxid.net

8 днів тому — У **ВООЗ** вважають, що **скасування** статусу **пандемії** щодо Covid-19 є важливим моментом в еволюції відносин людини з новим коронавірусом. Водночас ...



suspilne.media

<https://suspilne.media> › ✓ Світ

ВООЗ оголосила про закінчення пандемії COVID-19

8 днів тому — Всесвітня організація з охорони здоров'я (**ВООЗ**) оголосила про закінчення **пандемії** COVID-19. Про це сказав голова **ВООЗ** Тедрос Аданом ...



unian.ua

<https://www.unian.ua> › Здоров'я

ВООЗ скасувала статус пандемії COVID-19 - УНІАН

8 днів тому — У п'ятницю, 5 травня, Всесвітня організація охорони здоров'я (**ВООЗ**) оголосила про **скасування** статусу **пандемії** коронавірусу COVID-19.



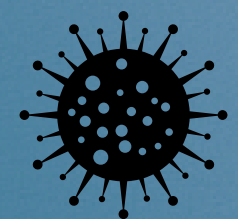
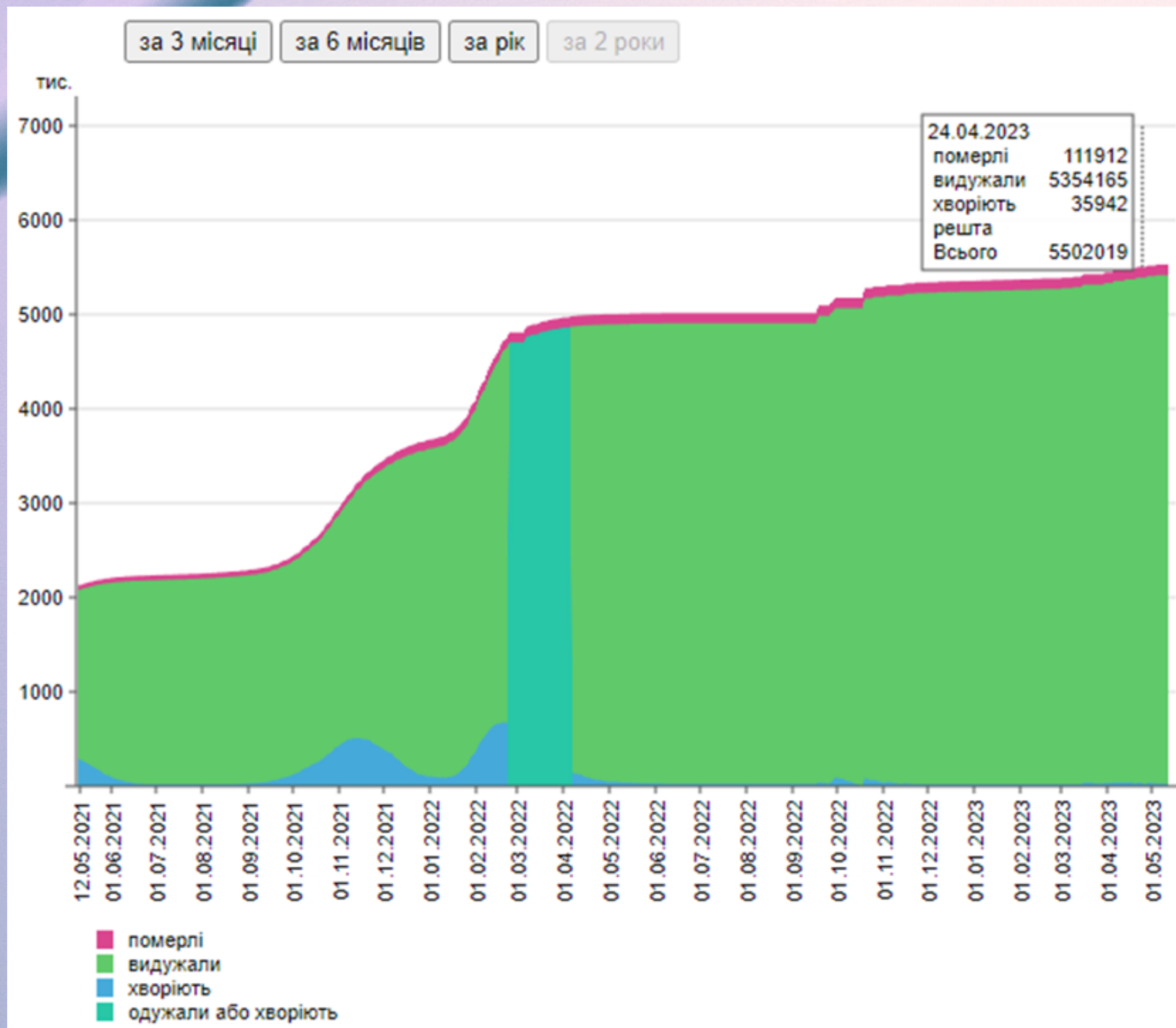
tsn.ua

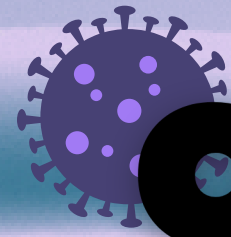
<https://tsn.ua> › Здоров'я

ВООЗ оголосила про закінчення пандемії COVID-19 - ТСН

Пандемія коронавірусу у світі завершилася – рішення **ВООЗ** від 5 травня 2023. Всього **пандемія** COVID-19 в Україні тривала із 2020 року, ...

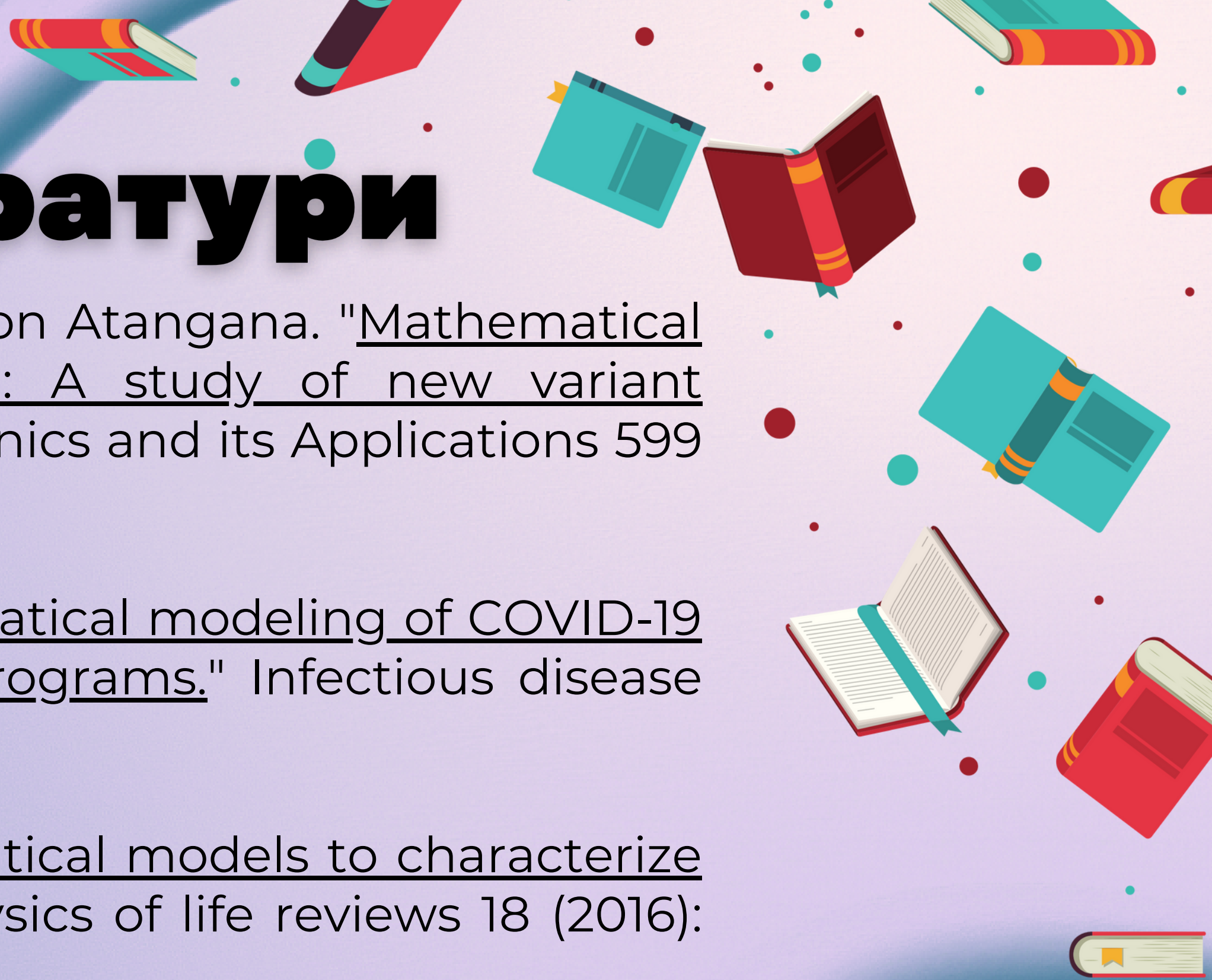
Дані про стан людей
на момент 24.04.23
[7]

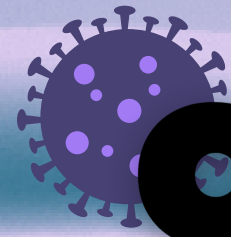




Список літератури

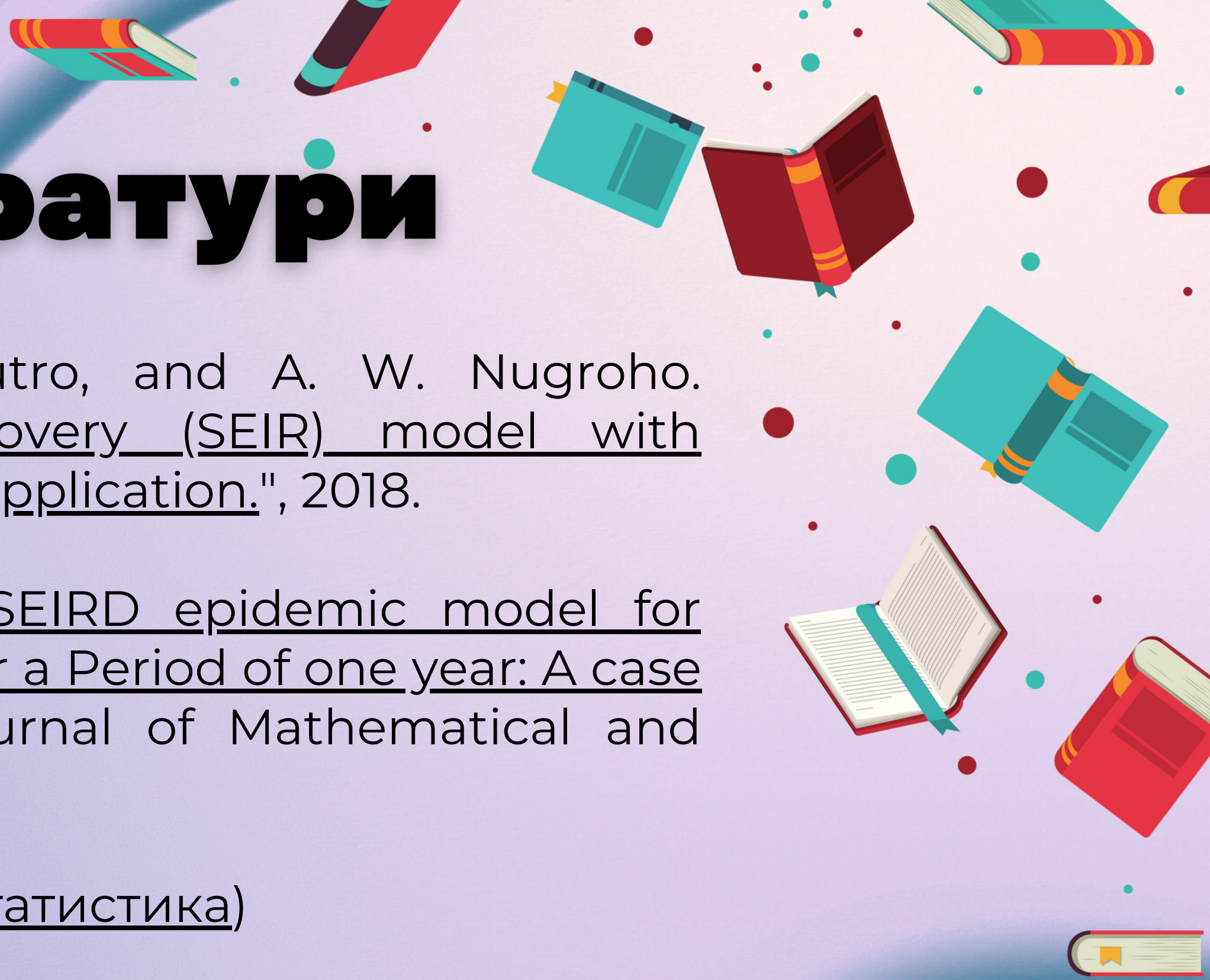
1. Khan, Muhammad Altaf, and Abdon Atangana. "Mathematical modeling and analysis of COVID-19: A study of new variant Omicron." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 599 (2022): 127452.
2. Musa, Salihu Sabiu, et al. "Mathematical modeling of COVID-19 epidemic with effect of awareness programs." *Infectious disease modelling* 6 (2021): 448-460.
3. Chowell, Gerardo, et al. "Mathematical models to characterize early epidemic growth: A review." *Physics of life reviews* 18 (2016): 66-97.
4. Sedaghat, Ahmad, et al. "Modeling and sensitivity analysis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak prediction." 2020.





Список літератури

5. Widyaningsih, P., D. R. S. Saputro, and A. W. Nugroho. "Susceptible exposed infected recovery (SEIR) model with immigration: Equilibria points and its application.", 2018.
6. Arhin, Joseph Roger, et al. "An SEIRD epidemic model for predicting the spread of COVID-19 over a Period of one year: A case of the United States." American Journal of Mathematical and Computer Modelling 5.3 (2020): 70-76.
7. МінФін "Коронавірус в Україні" (статистика)



СТАУ
Дякую за увагу!
САФЕ