

Моделі і методи прогнозування демографічних процесів

Виконав: Цибульський Іван Сергійович

Студент 4 курсу Групи КА-53

Науковий керівник: д.т.н. професор Бідюк П.І.

- **Об'єкт дослідження:** демографічні процеси в Україні
- **Мета роботи:** провести оцінку поточної демографічної ситуації в Україні за допомогою **МОДЕЛЮВАННЯ** ключових демографічних показників та оцінити прогноз на найближчі 5 років.
- **Предмет дослідження:** вибір структури математичних моделей, що адекватно описують демографічні процеси та забезпечують якісну оцінку прогнозу

Постановка задачі

- Провести збір статистичних даних, провести їх попередню обробку
- Провести попередній аналіз часових рядів на наявність тренду
- За допомогою моделей авторегресії апроксимувати демографічні процеси
- Провести оцінку середньострокових прогнозів основних демографічних показників
- Проаналізувати прогнозні значення, візуалізувати їх та зробити висновки, щодо наявних тенденцій

Основні демографічні проблеми

- Активне зростання кількості населення у країнах третього світу
- **Старіння нації внаслідок від'ємного природного приросту населення**
- Демографічна криза у розвинених країнах
- **Еміграція кваліфікованих працівників та молоді до більш розвинених країн**
- Нерівні економічні можливості для життя в різних країнах світу

Авторегресійні моделі

- Особливістю авторегресійних моделей є те, що у правій частині рівняння містяться значення минулих вимірів, отже значення часового ряду в конкретний момент часу лінійно залежить від значень у попередніх моментах часу.

Авторегресійна (АР)

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i y(k-1) + \varepsilon(k)$$

Авторегресійна з ковзним середнім (АРКС)

$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i y(k-1) + \sum_{j=0}^q b_j x(k-j) + \varepsilon(k)$$

Авторегресійна з інтегрованим ковзним середнім (АРІКС)

$$\Delta y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \Delta y(k-1) + \sum_{j=0}^q b_j x(k-j) + \varepsilon(k)$$

Критерії вибору моделі серед кандидатів

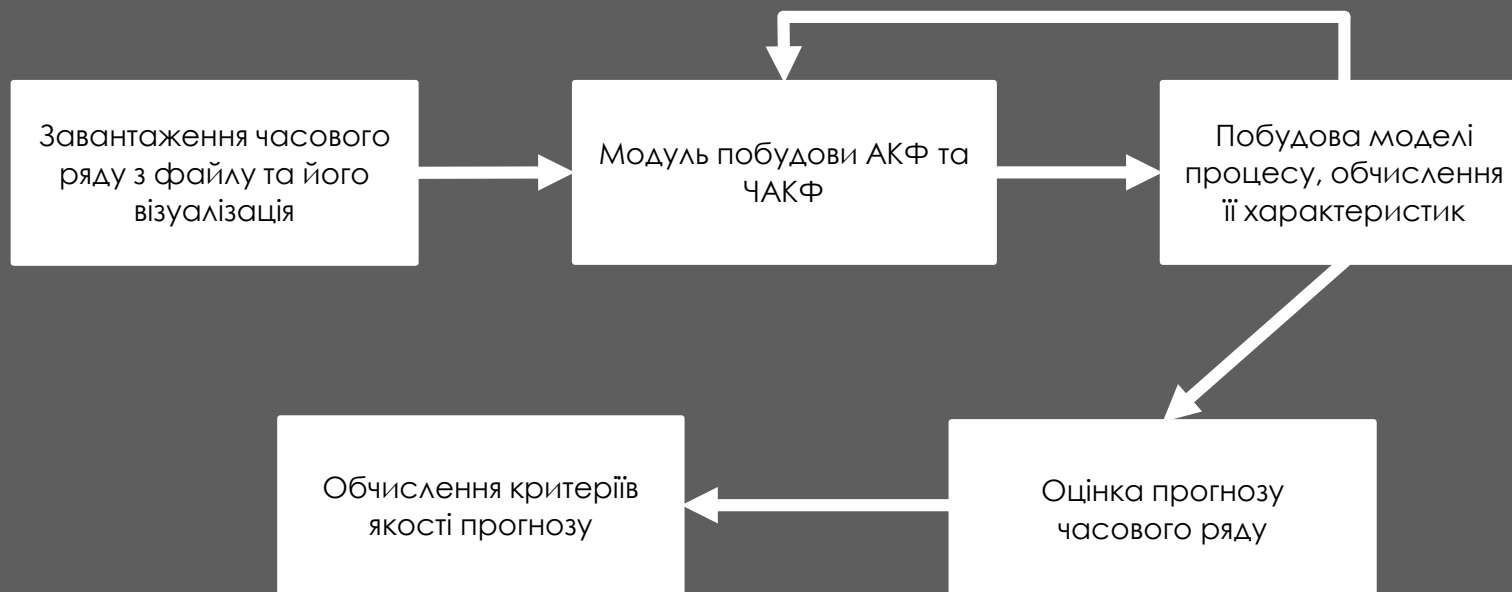
Апроксимація

- Статистика Дарбіна - Уотсона (DW)
- Коефіцієнт детермінації R^2
- RSS (сума квадратів похибок)

Прогнозування

- Середньоквадратична похибка прогнозу (СерКвП)
- Середня абсолютна похибка прогнозу (САПП)
- Коефіцієнт Тейла

Архітектура програми

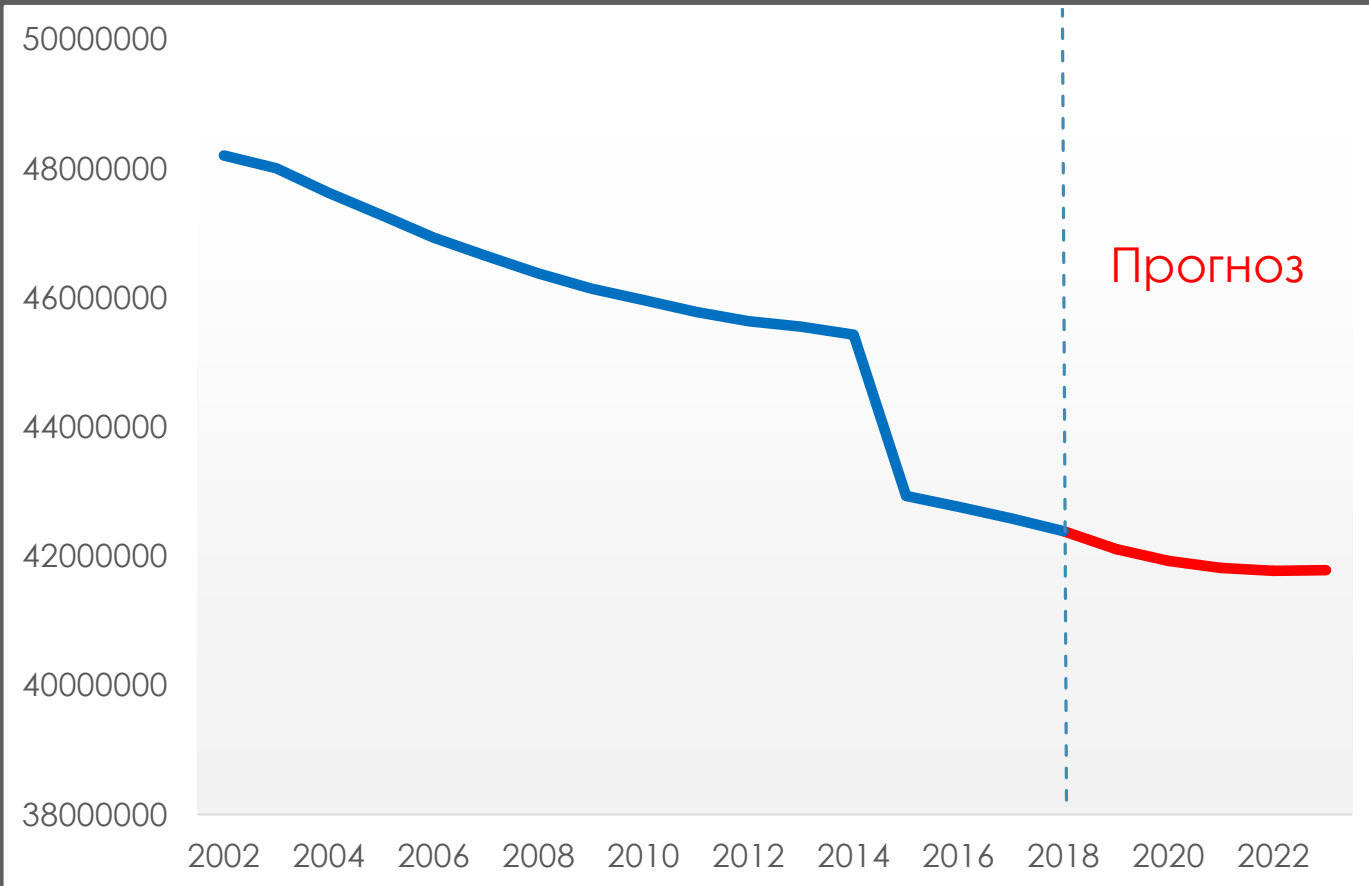


Популяція

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКвП	САПП	Коеф. Тейла
АР(1)	0,871	7,46E+12	1,530	2494902	4,557	0,027
АР(5)	0,889	6,41E+12	1,967	1342427	2,137	0.015
АРКС(5,2)	0,890	6,37E+12	2,003	1286684	2,107	0.014
АРКС(5,2) (log)	0.910	-	2.003	0,017	0,080	0,001

Краща модель: АРКС(5,2)

$$\log y(k) = 17.619 + 1.813 * \log y(k-1) - 0.808 * \log y(k-2) + 0.058 * \log y(k-4) - 0.089 * \log y(k-5) - 0.097 * \text{ma}(k-1) - 0.026 * \text{ma}(k-2)$$



Рік	К-ть населення
2019	42109802
2020	41925117
2021	41816429
2022	41772295
2023	41781444

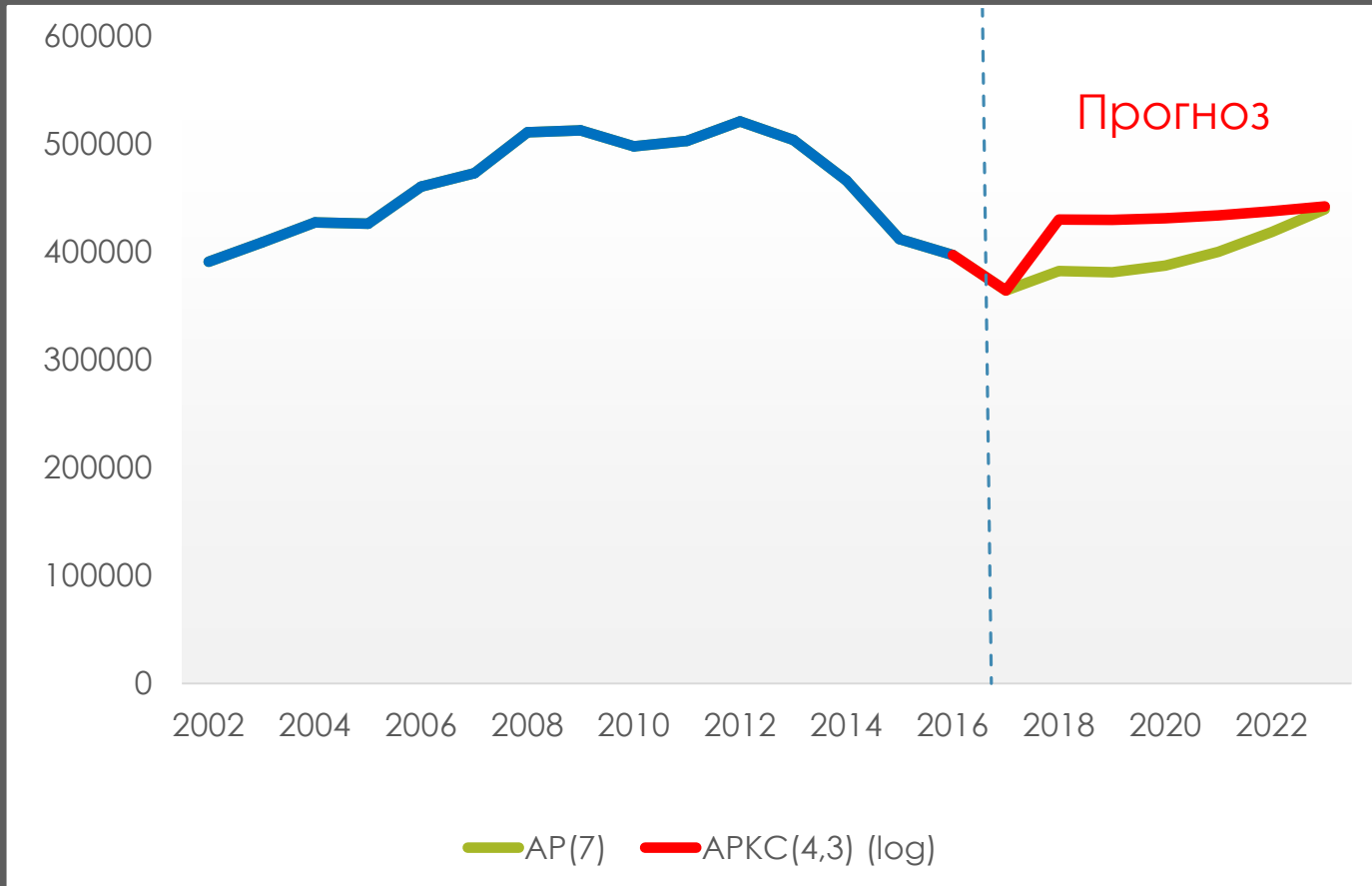
Народжуваність

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКвП	САПП	Коеф. Тейла
АР(3)	0,848	5,92E+09	1,979	45579.95	8.538	0.049
АР(7)	0,905	3,71E+09	1,822	19406.26	3.386	0.020
АРКС(3,3)	0,910	3,48E+09	2,054	26876.67	4.941	0.029
АРКС(7,7)	0,577	1,65E+10	0,308	52327.21	10.858	0.056
АР(4) (log)	0,862	0,027	1,539	0.111	0.794	0.004
АРКС(4,3) (log)	0,863	0,026	2,004	0.864	0.599	0.003

Краща модель:

$$AP(7): y(k) = 442453.9 + 0.798*y(k-1) - 0.007*y(k-2) - 0.010*y(k-3) - 0.107*y(k-6) - 0.241*y(k-7)$$

$$APKC(4,3): \log y(k) = 13.005 + 0.799*\log y(k-1) - 0.225*\log y(k-2) + 0.912*\log y(k-2) - 0.853*\log y(k-4) + 0.106*ma(k-1) - 0.945*ma(k-2)$$



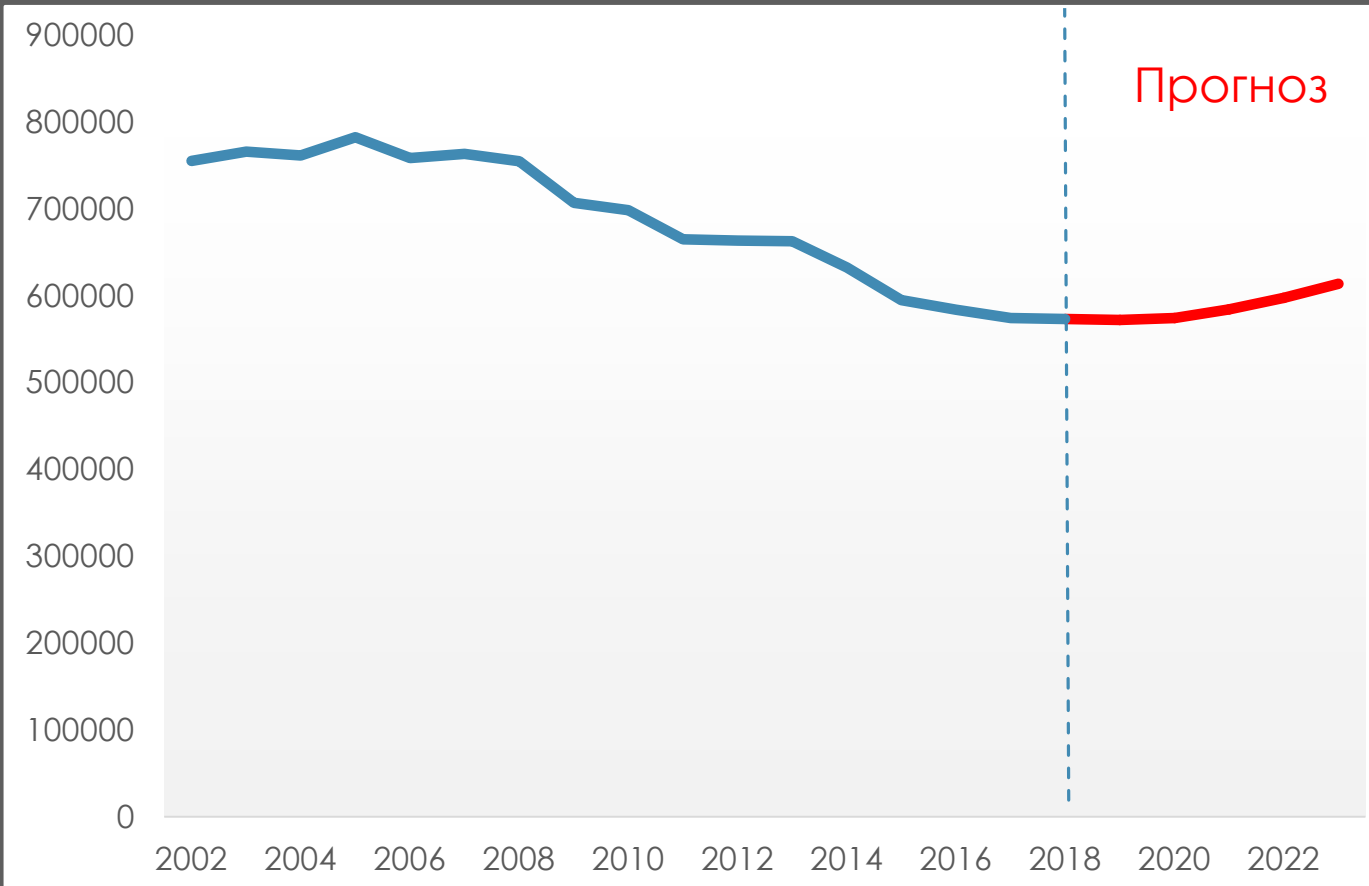
Рік	Народжуваність
2019	381113
2020	387100
2021	399827
2022	418383
2023	439386

Смертність

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКВП	САПП	Коеф. Тейла
АР(7)	0,954	3,52E+09	2,021	18376.35	2.401	0.014
АРКС(7,5)	0,978	1,66E+09	1,744	14005.35	1.830	0.011

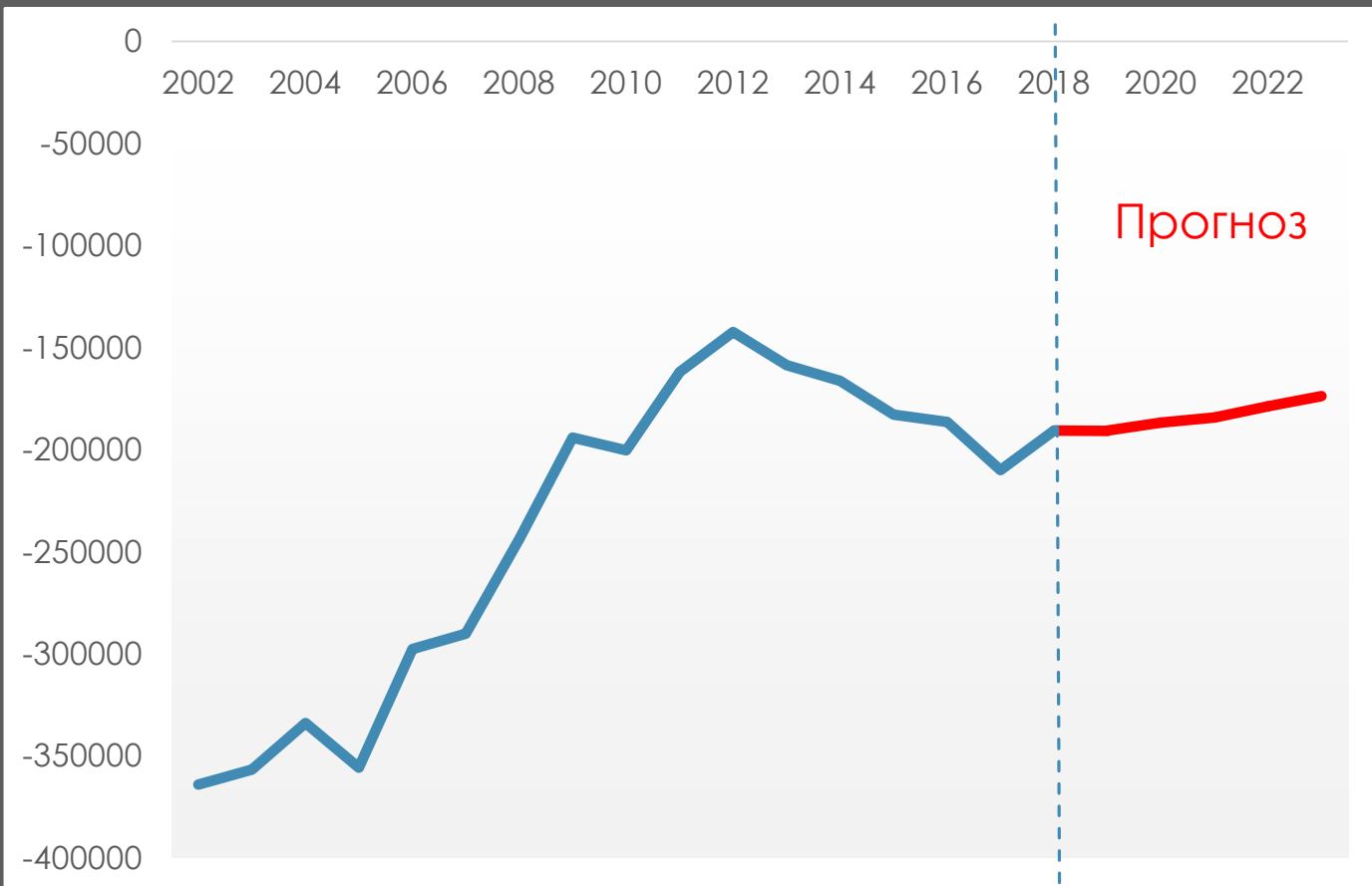
Краща модель: АРКС(7,5)

$$y(k) = 671062.3 + 0.470 * y(k-1) + 0.231 * y(k-2) + 0.474 * y(k-3) - 0.203 * y(k-6) - 0.304 * y(k-7) - 0.692 * ma(k-3) - 0.499 * ma(k-4) + 0.275 * ma(k-5)$$



Рік	Смертність
2019	571849
2020	573859
2021	584107
2022	597262
2023	613262

Природний приріст



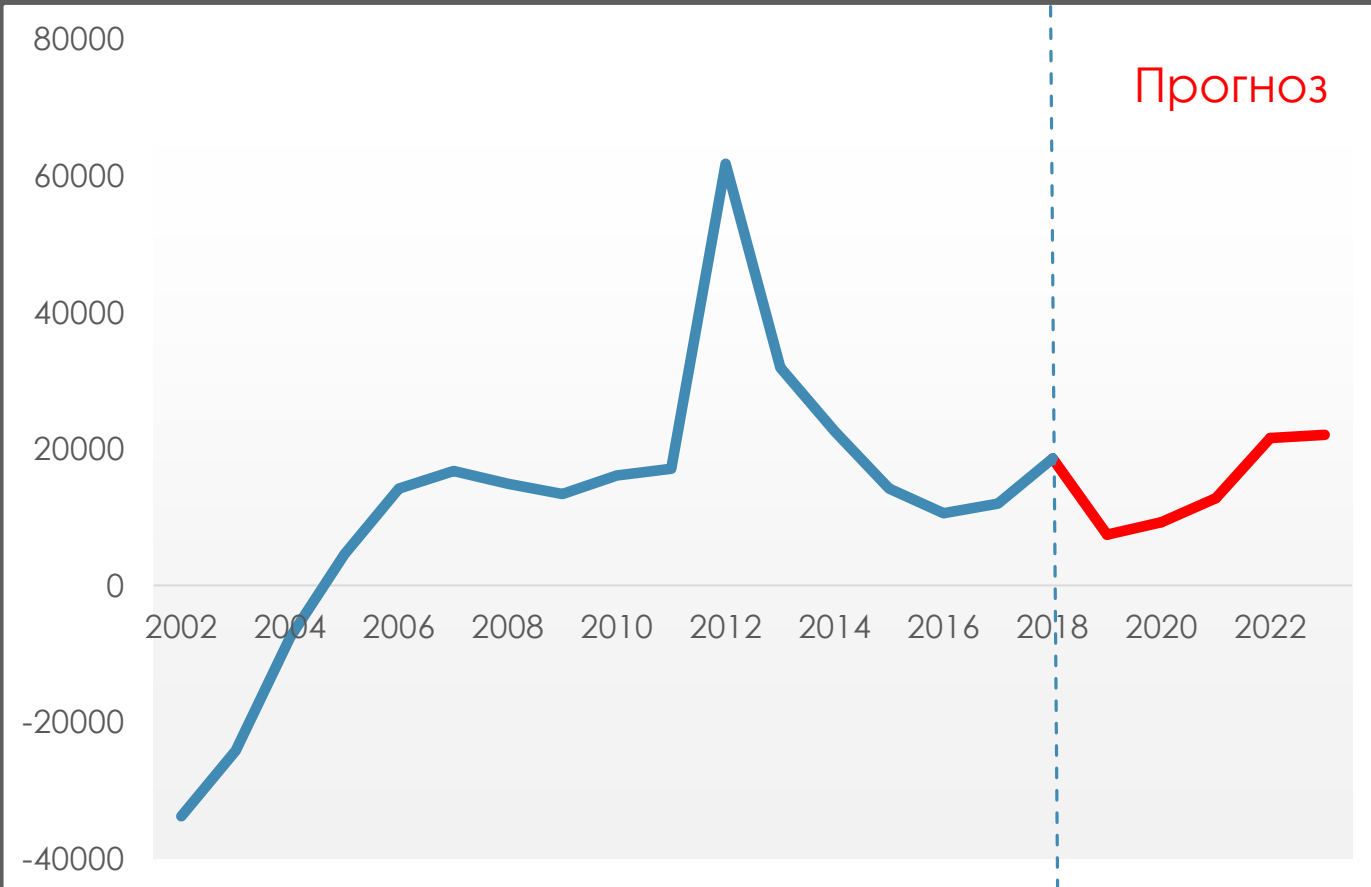
Рік	Природний приріст
2019	-190736
2020	-186758
2021	-184279
2022	-178880
2023	-173876

Сальдо міграції

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКВП	САПП	Коеф. Тейла
АР(1)	0,484	3,59E+09	1,968	20416.09	98.878	0.646
АР(7)	0,517	3,36E+09	2,037	16738.79	49.305	0.414
АРКС(7,4)	0,763	1,65E+09	1,931	14083.98	63.311	0.263
АРКС(7,4) (log)	0,887	0,491956	2,075	-	2.050	0.011

Краща модель: АРКС(7,6)

$$\log y(k) = 9.717 + 0.033 \cdot \log y(k-1) - 0.307 \cdot \log y(k-3) - 0.734 \cdot \log y(k-7) + 0.034 \cdot \text{ma}(k-1) + 0.064 \cdot \text{ma}(k-2) - 0.049 \cdot \text{ma}(k-3) - 0.448 \cdot \text{ma}(k-4) + 0.488 \cdot \text{ma}(k-6)$$



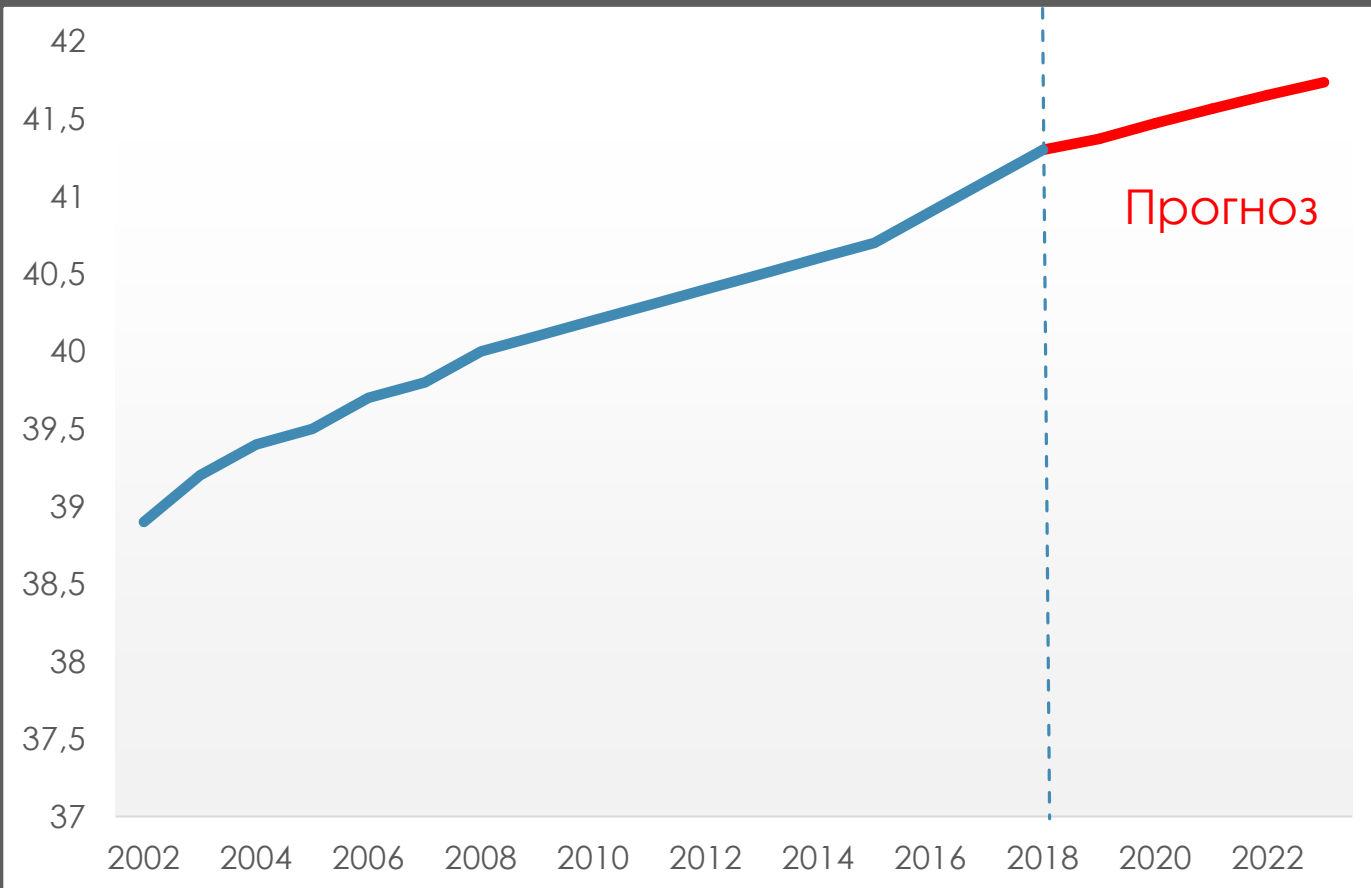
Рік	Сальдо миграції
2019	7469
2020	9266
2021	12786
2022	21618
2023	22051

Середній вік населення

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКвП	САПП	Коеф. Тейла
АР(1)	0,939	0,445	0,628	1.345	3.042	0.016
АР(6)	0,989	0,073	1,581	0.126	0.261	0.002
АРКС(6,4)	0,955	0,323	1,847	0.899	1.994	0.011

Краща модель: AR(6)

$$y(k) = 39.657 + 1.187 * y(k - 1) - 0.194 * y(k - 6)$$



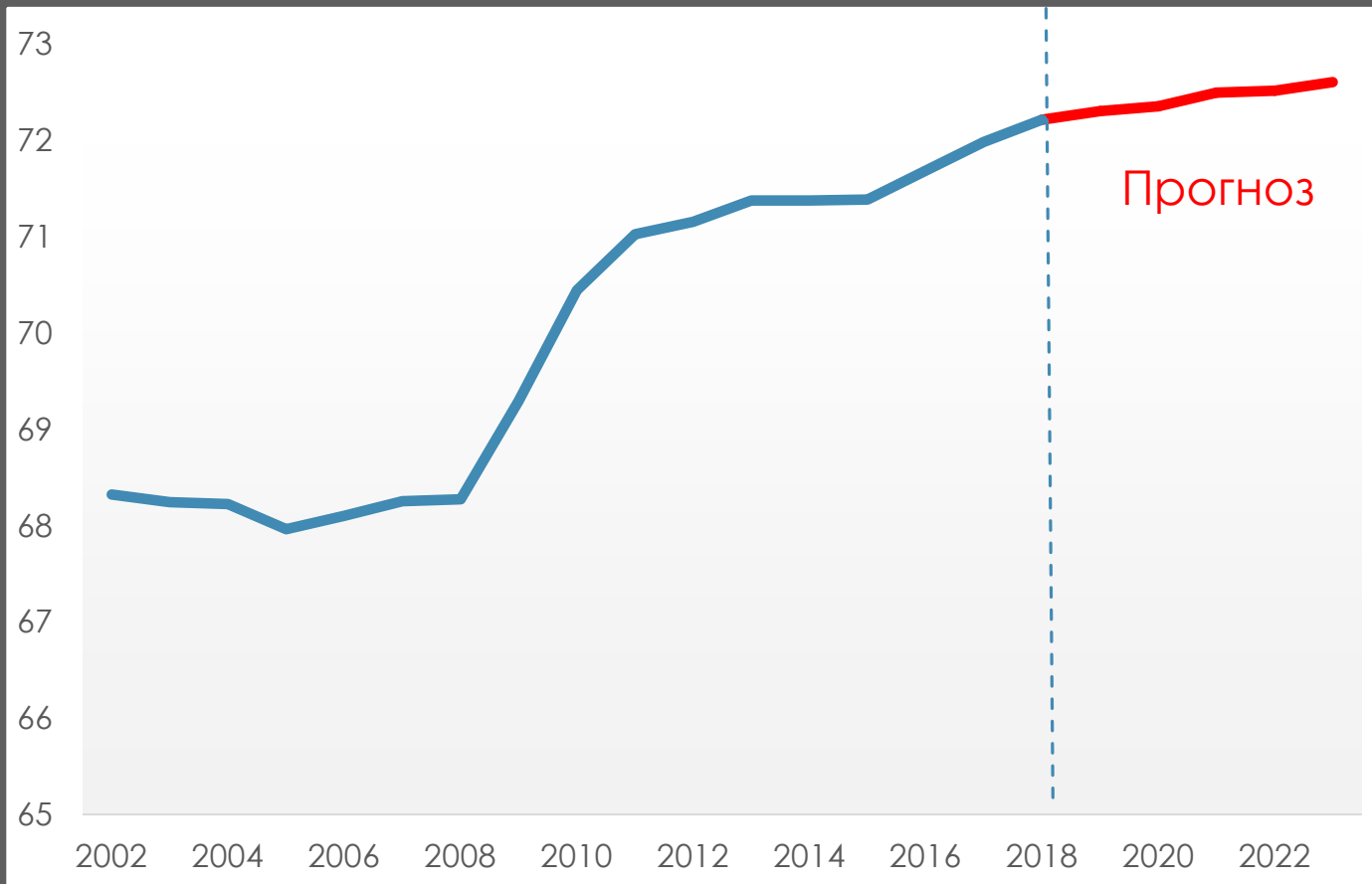
Рік	Середній вік
2019	41,37
2020	41,47
2021	41,57
2022	41,65
2023	41,74

Очікувана тривалість життя при народженні

Модель	R ²	Sum sqr res	DW	СерКвП	САПП	Коеф. Тейла
АР(4)	0,958	1,608	1,611	1.330	1.626	0.009
АР(7)	0,961	1,387	1,739	0.881	1.082	0.006
АРКС(7,4)	0,988	0,514	2,175	0.384	0.475	0.003

Краща модель: АРКС(7,4)

$$y(k) = 69.887 + 1.404 * y(k-1) - 0.522 * y(k-2) + 0.014 * y(k-4) - 0.158 * y(k-7) - 1.253 * ma(k-2) - 0.296 * ma(k-3) + 0.831 * ma(k-4)$$

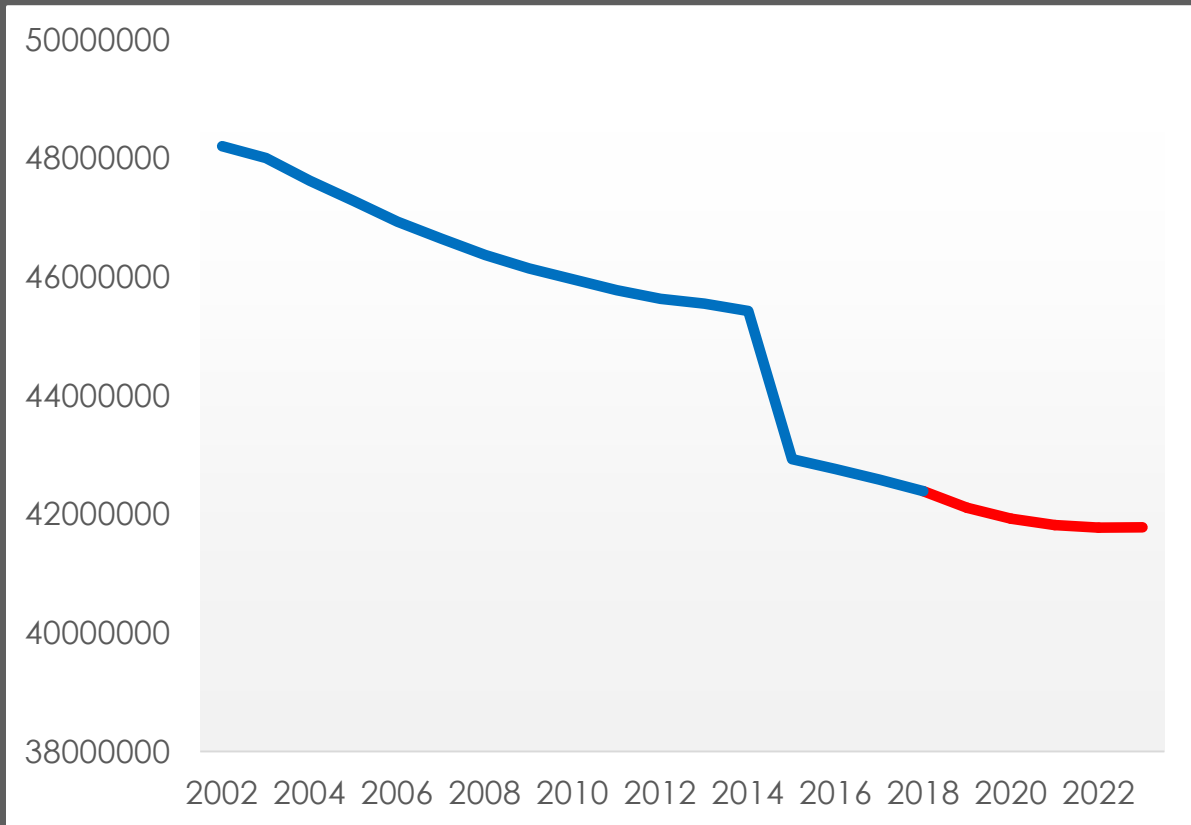


Рік	Тривалість життя
2019	72,3
2020	72,35
2021	72,49
2022	72,51
2023	72,6

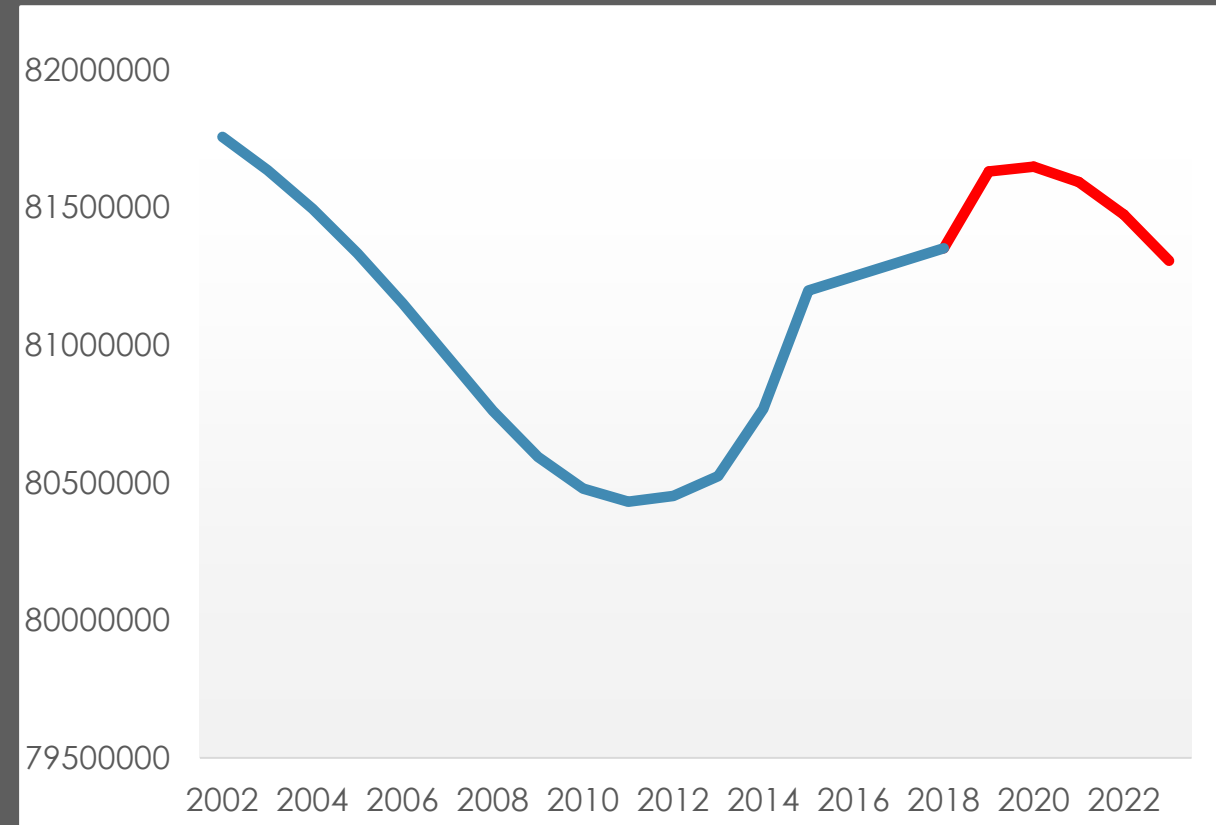
Порівняння демографічної ситуації в Україні та Німеччині

Популяція

Україна

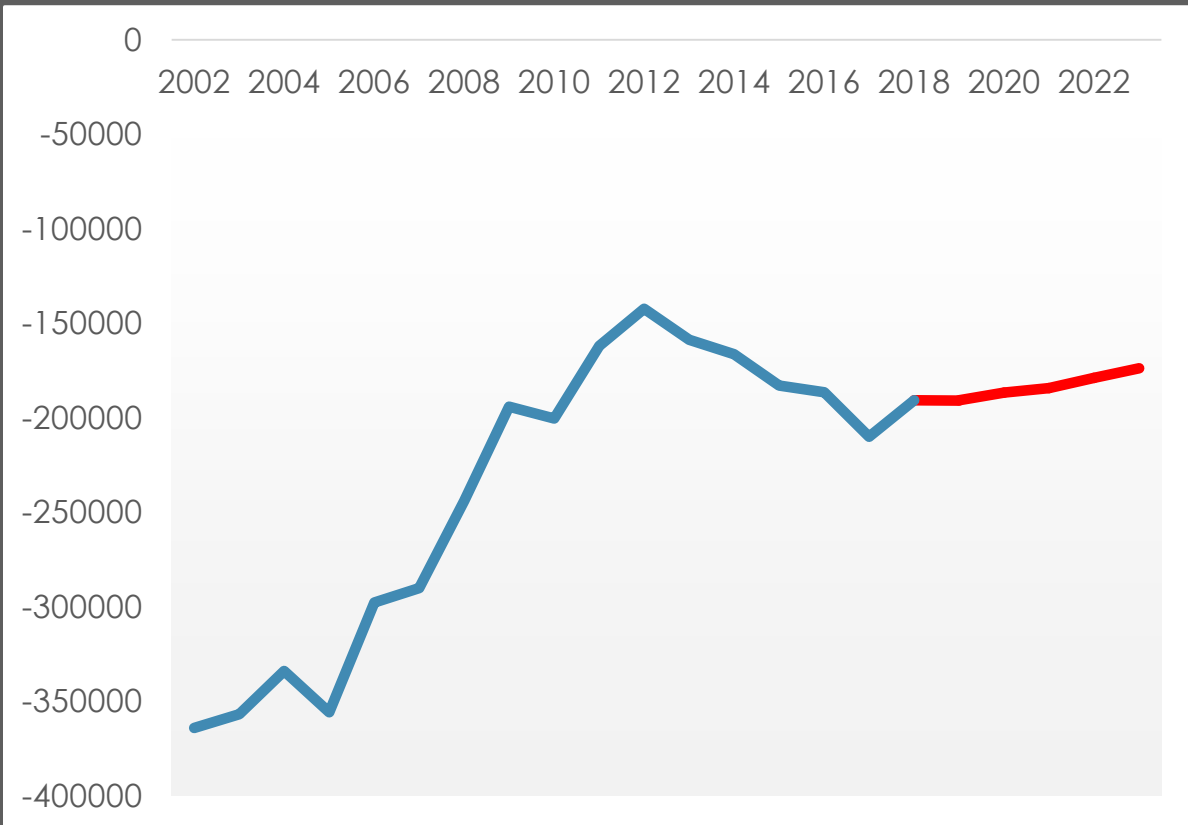


Німеччина



Природний приріст

Україна

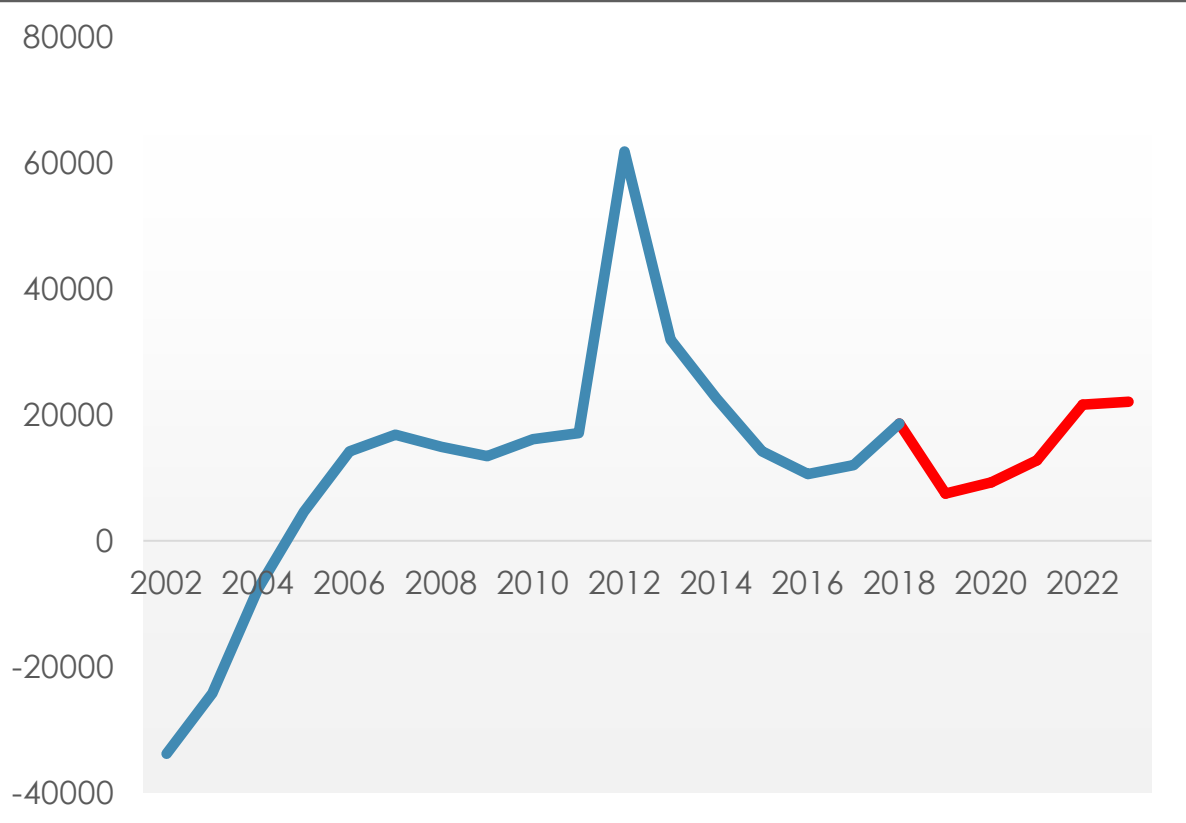


Німеччина

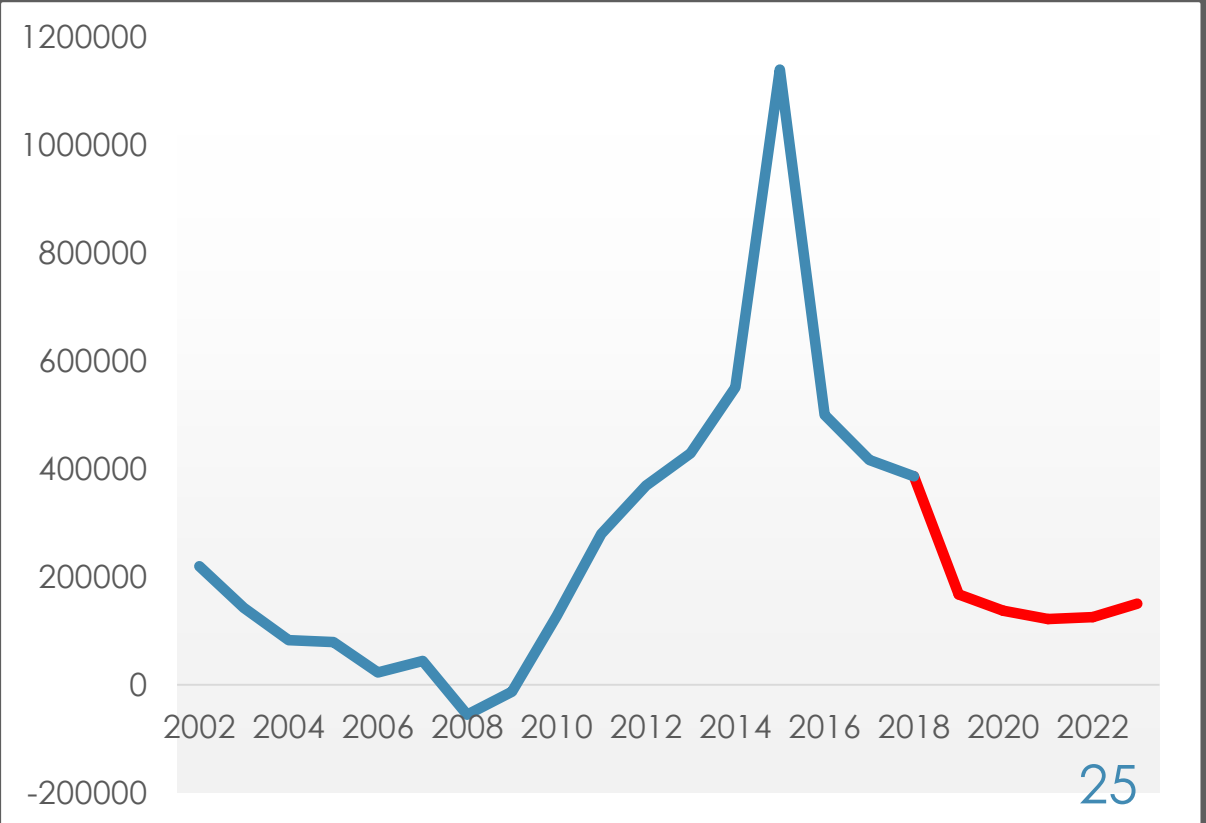


Сальдо міграції

Україна



Німеччина



Порівняння власного програмного продукту та Eviews

Порівняємо результати на моделях очікуваної тривалості життя:

Модель	Eviews			Власний програмний продукт		
	R ²	DW	САПШ	R ²	DW	САПШ
АР(4)	0,957490	1,610234	1.626337	0,958	1,611	1.633
АР(7)	0,963314	1,740411	1.082470	0,961	1,739	1.084
АРКС(7,4)	0,986412	2,175014	0.475884	0,988	2,175	0.476

ВИСНОВКИ

- Демографічна ситуація в Україні в найближчі 5 років буде характеризуватися:
 1. Скороченням популяції
 2. Невеликим зростанням народжуваності та смертності (природній приріст зросте, але все ще залишатиметься від'ємним)
 3. Старінням нації
 4. Невеликим додатнім сальдо міграції
 5. Зростання очікуваної тривалості життя при народженні

Дякую за увагу!