

Демографічні коефіцієнти та їх стандартизація

- 1. *Поняття та сутність демографічних коефіцієнтів***
- 2. *Особливості виміру руху населення***

- 3. *Поняття середнього населення***
- 4. *Загальні, спеціальні та часткові демографічні коефіцієнти***
- 5. *Стандартизація демографічних коефіцієнтів***

Населення – це сукупність людей.

Демографічні процеси – це сукупність фактів (подій), що відносяться до окремих людей або їх спільнот.

Наприклад,

Народилось у 2019 році

**у Німеччині 678 896 осіб,
у Малі 866 243 особи,
у Китаї 17 404 093 осіб
в Індії 27 962 691 особа**

Чисельність населення:

**у Німеччині 81,457 млн осіб,
у Малі 20,076 млн осіб,
у Китаї 1 408,526 млн.осіб
в Індії 1 387,297 млн осіб**



ДЕМОГРАФІЧНІ КОЕФІЦІЄНТИ – відносні величини, розраховані як відношення числа подій, які відбулися за певний період, та чисельності населення, за цей же самий період

Слугують для

- * вимірювання частоти демографічних подій,
- * аналізу демографічних процесів і структур при вивченні їх у часі й просторі,
- * різного роду порівнянь.

Виражаються в

- * одиницях,
- * відсотках,
- * проміле

Ідея обчислення відносних чисел виникла за перших спроб кількісного вимірювання демографічних процесів і пов'язана з іменами Дж. Граунта та У. Петті. У вітчизняній літературі найповніше уявлення про демографічні коефіцієнти наведене у працях М.В. Птухи та Ю.О. Корчак-Чепурківського.

Демографічні коефіцієнти

А Коефіцієнти динаміки населення

К. швидкості зміни населення

К. росту населення

К. приросту населення

К. інтенсивності демографічних процесів

К. інтенсивності руху загалом

Загальні К.

Спеціальні К.

Часткові К.

Стандартизовані К.

К. інтенсивності у когортах

Інтегральні К.

Кумулятивні К.

Сумарні К.

К. відтворення населення

Нетто-коэф. відтворення

Брутто-коэф. відтворення

Б Структурні коефіцієнти

Показники навантаження

Показники частоти демографічних подій у групах населення

Клас „А”.

Показники відображають уявлення про відтворення населення як неперервний процес, що відбувається з певною інтенсивністю.

Демографічні коефіцієнти характеризують:

- Швидкість зміни населення загалом як сукупності людей, постійно змінюваної під впливом демографічних подій, які збільшують або зменшують її.
- Інтенсивність демографічних процесів у населенні та у когортах.
- Міру заміщення одних генерацій іншими.

Клас „Б”.

Структурні коефіцієнти поділяють:

- Перший різновид – показники навантаженості які вимірюють співвідношення окремих частин населення між собою та іншими частинами населення.
- Другий різновид характеризує частки людей (або подій), що мають певні ознаки, у тих чи інших населаннях або їх групах.

Рух населення

Рівняння демографічного балансу

$$S_1 = S_0 + (N - M) + (I - E)$$

Де S_1 та S_0 чисельність населення на початок та на кінець року відповідно,
 N та M число народжених та померлих відповідно,
 I та E чисельність іммігрантів та емігрантів відповідно.

Коефіцієнти росту та приросту населення

$$K_{\text{росту}} = \frac{S_1}{S_0} \times 100$$

$$K_{\text{приросту}} = \frac{S_1 - S_0}{S_0} \times 1000$$

Демографічні показники



моментальні



інтервальні



? Як порівнювати такі різні показники ?

Сила демографічного процесу – це теоретична (математична) міра інтенсивності, яка показує імовірність зміни чисельності населення в нескінченно малому інтервалі часу.

Середнє населення – узагальнюючий показник чисельності населення за період. Середнє населення є однією із оцінок числа людино-років, прожитих населенням протягом даного періоду.

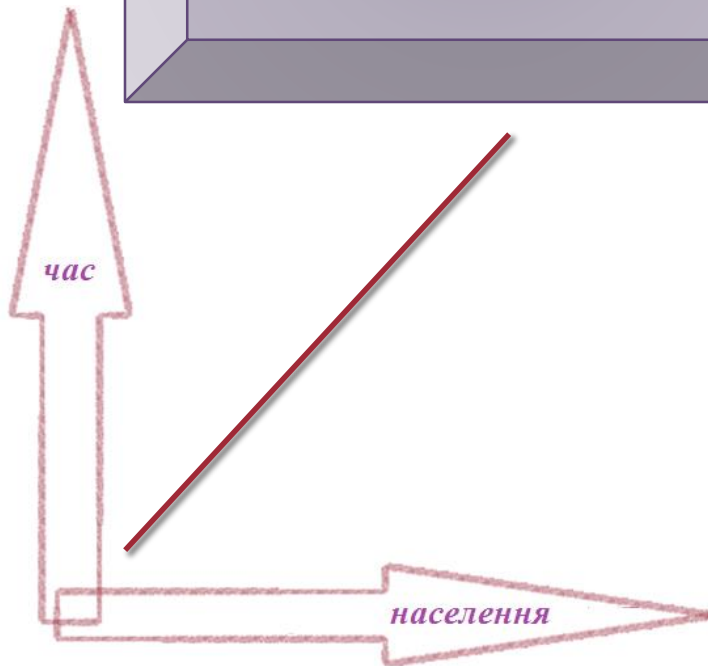
**!!! Частіше використовують
населення на середину періоду**

Середнє населення

населення змінюється

Рівномірно

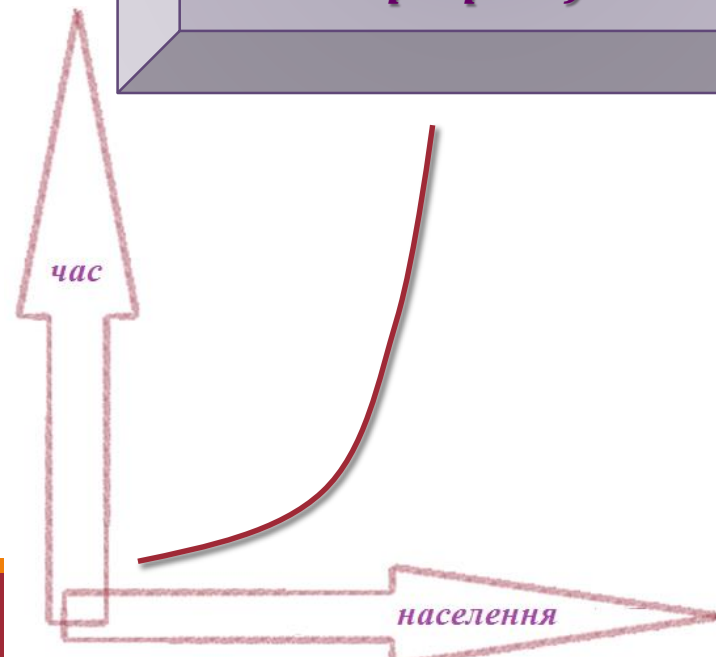
(лінійно,
в арифметичній
прогресії)



З постійним

темпом

(експоненціально, в
геометричній
прогресії)



Якщо **населення змінюється рівномірно** (лінійно, в арифметичній прогресії):

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_0}{2}$$

$$\bar{S} = S_0 + \frac{S_1 - S_0}{2} = S_0 + 0,5\Delta S$$

**за допомогою
середньої простої**

$$\bar{S} = \frac{\sum \bar{S}_i t_i}{t_i}$$

**за допомогою
середньої арифметичної зваженої**

$$\bar{S} = \frac{\frac{1}{2} S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + \frac{1}{2} S_n}{n}$$

**за допомогою
середньої хронологічної**

Якщо **населення змінюється з постійним темпом**
(експотенціально, в геометричній прогресії)

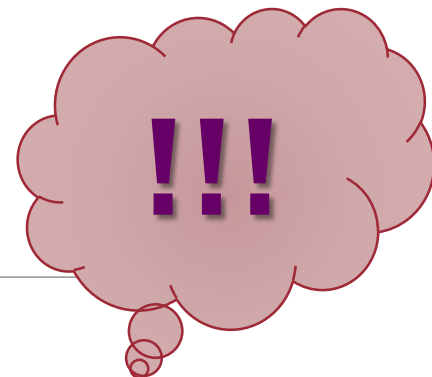
$$S_1 = S_0 \times e^{rt}$$

$$\bar{S} = \frac{1}{T} \int_0^T S_0 \left(\frac{S_t}{S_0} \right)^{\frac{t}{T}} dt$$

$$\bar{S} = \frac{S_T - S_0}{\ln S_T - \ln S_0}$$

Таким чином, **середнє населення представляє собою відношення приросту чисельності населення до приросту його натуральних логарифмів**. Ця формула використовується при обчисленні середнього населення за достатньо значний період часу (10-15 років).

Обчислимо середнє населення України за 2000-2010 рр.



2000 р. 49 429,8 тис. осіб

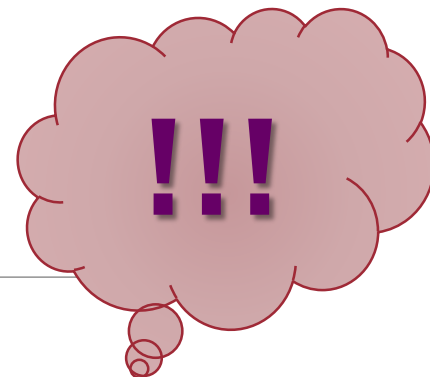
2010 р. 45 870,7 тис. осіб

за допомогою середньої простої

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_0}{2} = \frac{49429,8 + 45870,7}{2} = 47650,25$$

$$\bar{S} = S_0 + \frac{S_1 - S_0}{2} = S_0 + 0,5\Delta S = 49429,8 + \frac{45870,7 - 49429,8}{2} = 47650,25$$

Обчислимо середнє населення України за 2000-2010 рр.



2000 р. 49 429,8 тис. осіб

2010 р. 45 870,7 тис. осіб

за допомогою експотенціальної змінної

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \frac{S_T - S_0}{\ln S_T - \ln S_0} = \frac{45870,7 - 49429,8}{\ln 45870,7 - \ln 49429,8} = \\ &= \frac{45870,7 - 49429,8}{10,73358 - 10,80831} = \frac{-3559,1}{-0,07473} = 47626,12\end{aligned}$$

Обчислимо середнє населення України за 2019 рр.



за допомогою

- *середньої простої*
- *експотенціальної змінної*

| дата | чисельність | дата | чисельність |
|------------|-------------|------------|-------------|
| 01.02.2019 | 42122657 | 01.08.2019 | 41990278 |
| 01.03.2019 | 42101650 | 01.09.2019 | 41976189 |
| 01.04.2019 | 42079547 | 01.10.2019 | 41960033 |
| 01.05.2019 | 42055934 | 01.11.2019 | 41940726 |
| 01.06.2019 | 42030832 | 01.12.2019 | 41922670 |
| 01.07.2019 | 42010063 | 01.01.2020 | 41902416 |

Категорія **СЕРЕДНЬОГО НАСЕЛЕННЯ** необхідна для розрахунку відносних величин, що характеризують демографічні процеси.

Серед них важливе місце займають

коефіцієнти



$$k = \frac{A}{\bar{S}}$$

де **A** – число подій,
S та **S₀** відповідно
середнє населення та
населення на початок року

ймовірності



$$a = \frac{A}{S_0}$$

!!! Число демографічних подій завжди відноситься до середнього населення. Не обов'язково всі одиниці сукупності мають ризик пережити подію. Коефіцієнти адитивні.

!!! Число демографічних подій завжди відноситься до чисельності населення на початок періоду. Всі одиниці сукупності мають ризик пережити подію. Ймовірності неадитивні.

Демографічні коефіцієнти

```
graph TD; A[Демографічні коефіцієнти] --> B[загальні]; A --> C[часткові]; A --> D[спеціальні];
```

загальні

Ті, де число подій (показаних в чисельнику) відноситься до населення в цілому, а не до тієї його частини, де воно може відбутися.

часткові

Розраховуються до якоїсь частини населення (субнаселення). Можуть бути як загальними, так і спеціальними.

спеціальні

Ті, де число подій (показаних в чисельнику) відноситься тільки до тієї частини населення, де воно може відбутися.

Деякі математичні позначення:

\bar{S} – середнє населення,
 T – тривалість періоду,
для якого розраховується
коефіцієнт,
 N – число народжених,
 M – число померлих,
 B – число взятих шлюбів,
 P – число розлучень.

Коефіцієнти позначаються відповідними прописними літерами
(n – коефіцієнт народжуваності,
 m – коефіцієнт смертності та ін.).

Загальний коефіцієнт народжуваності (Crude birth rate) –

демографічний показник, який показує середню чисельність народжених, що припадає на 1000 осіб всього населення певної території; розраховується як відношення число народжень в населенні за період до загального числа людино-років, прожитих населенням за цей період або на середнє населення; виражається в проміле, як число народжень на 1000 населення.

Для однорічних періодів часу загальний коефіцієнт народжуваності розраховується як відношення річного числа народжень до середньорічного населення.

$$n = \frac{N}{ST} \times 1000$$

Загальний коефіцієнт смертності (Crude death rate) –

демографічний показник, який відображає відношення числа смертей в населенні за певний період до загального числа людино-років, прожитих населенням за цей період або на середнє населення; виражається у проміле, як число смертей на 1000 населення. Для однорічних періодів часу загальний коефіцієнт смертності розраховується як відношення річного числа смертей до середньорічного населення.

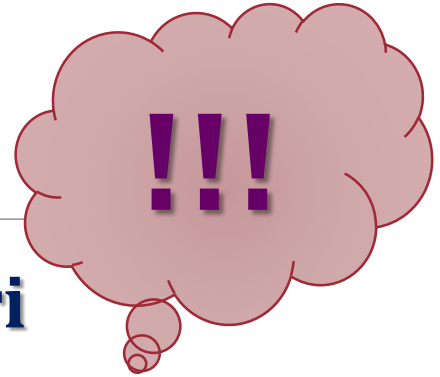
$$m = \frac{M}{ST} \times 1000$$

Загальний коефіцієнт природного приросту (Crude natural increase rate)

– демографічний показник, розраховується як відношення різниці між числом народжень та числом смертей в населенні за період до середньої чисельності населення за цей же період, помножене на 1000; виражається в проміле. Простіше може розраховуватись як різниця між загальним коефіцієнтом народжуваності і загальним коефіцієнтом смертності.

$$k_{np.np.} = \frac{N - M}{\overline{ST}} \times 1000$$
$$k_{np.np.} = n - m$$
$$k_{np.np.} = \left(\frac{N}{\overline{ST}} - \frac{M}{\overline{ST}} \right) \times 1000$$

**За аналогією запропонуйте
визначення та формулу
обчислення**



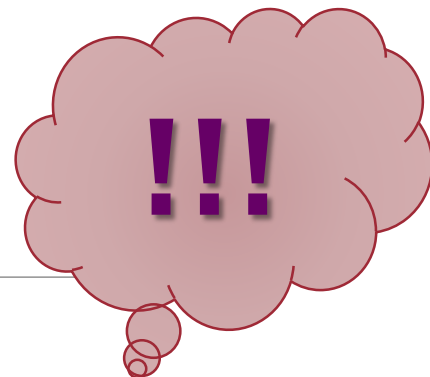
Загальний коефіцієнт розлучуваності
(Crude divorce rate)

Загальний коефіцієнт шлюбності
(Crude marriage rate)

Коефіцієнт дитячої смертності
(Infant mortality rate) –

**відношення числа померлих немовлят (дітей) за
період до числа народжених дітей протягом цього
періоду**

Обчислимо коефіцієнт народжуваності зазначених країн



Народилось у 2019 році

у Німеччині 678 896 осіб,
у Малі 866 243 особи,
у Китаї 17 404 093 осіб
в Індії 27 962 691 особа

Німеччина 8,3 ‰

Китай 12,4 ‰

Індія 20,2 ‰

Малі 43,1 ‰

Чисельність населення:

у Німеччині 81,457 млн осіб,
у Малі 20,076 млн осіб,
у Китаї 1 408,526 млн.осіб
в Індії 1 387,297 млн осіб

Спеціальний коефіцієнт народжуваності (General fertility rate) –

відношення числа народжень за період до числа людино-років, прожитих жінками репродуктивного віку протягом цього періоду, розраховується як відношення числа народжень до чисельності жінок репродуктивного віку.

Загальний і спеціальний коефіцієнти пов'язані між собою таким чином:

$$n_{cn} = \frac{N}{\bar{S}_{15-49}^{жс}} \times 1000$$

$$n = \frac{N}{\bar{S}} = \frac{N}{\bar{S}_{15-49}^{жс}} \times \frac{\bar{S}_{15-49}^{жс}}{\bar{S}} = n_{cn} S_{15-49}^{жс}$$

Часткові коефіцієнти відносяться до субнаселення. Чисельно вони дорівнюють відношенню числа демографічних подій, що відбулись в тому чи іншому субнаселенні, до чисельності цього субнаселення.

Спеціальні та часткові коефіцієнти пов'язані між собою наступним чином: спеціальний коефіцієнт дорівнює доданку часткових коефіцієнтів на частку відповідного субнаселення:

$$n_{\text{спец}} = \frac{N}{\tilde{S}} = \frac{\sum_i N_i}{\sum_i S_i} = \frac{\sum_i n_i S_i}{\sum_i S_i} = \sum_i n_i d_i$$

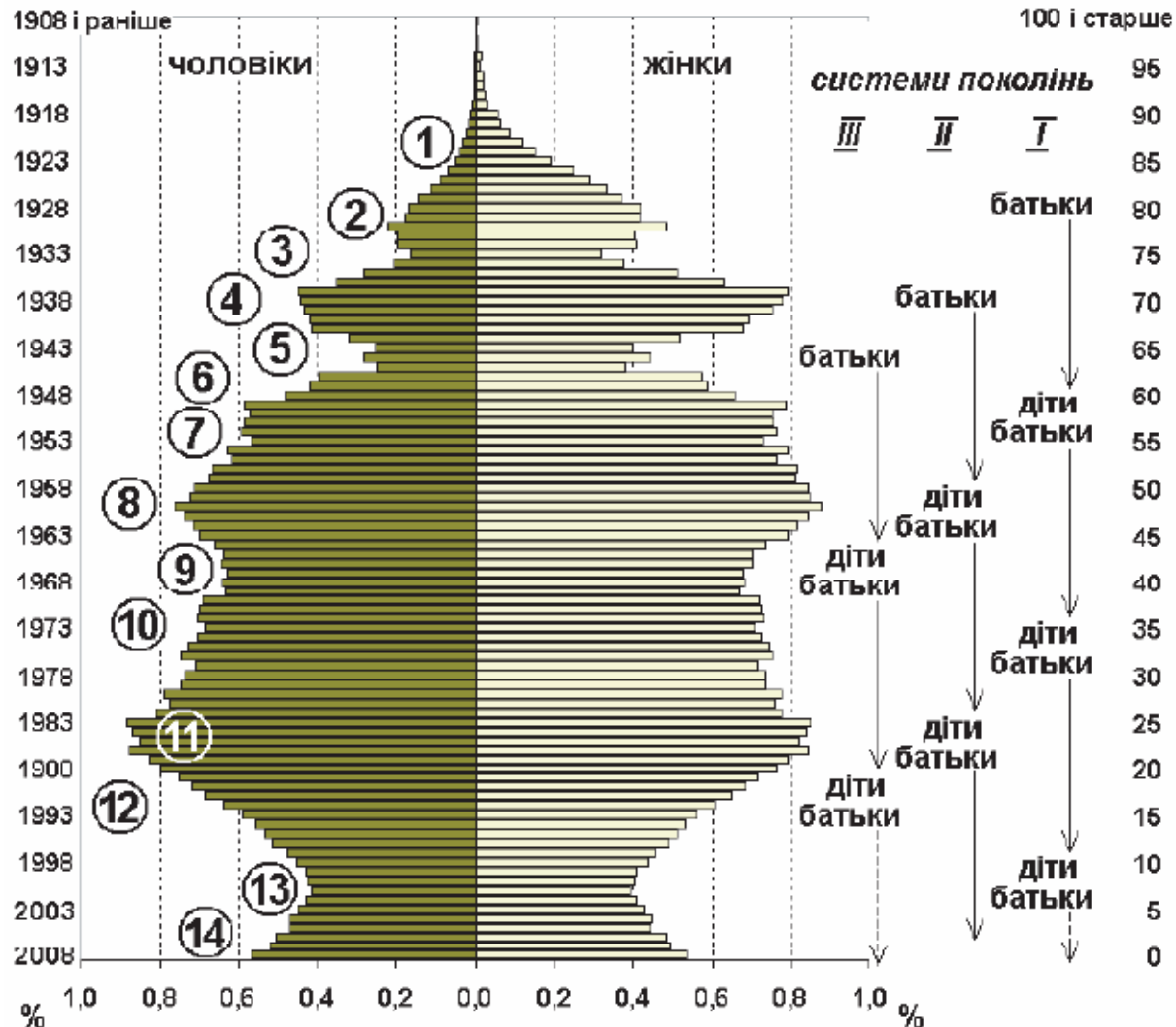
де, **N_i** – число подій в субнаселенні, **S_i** – чисельність субнаселень, **d_i** – частка субнаселення в загальній чисельності населення.

Режим відтворення населення – це демографічна категорія, яка позначає сукупність конкретних кількісних характеристик процесу відтворення населення, розглядуваного у фіксований момент часу

Брутто-коефіцієнт відтворення населення, розроблений німецьким демографом Р.Р. Кучинським, є зведеною характеристикою народжуваності. Він показує середню кількість дівчат, яку б народила одна жінка, що прожила до кінця репродуктивного періоду, за збереженням впродовж її життя сучасних умов народжуваності у кожному віці.

Нетто-коефіцієнт відтворення населення, розроблений німецьким демографом Р. Беком, обчислюють на підставі вікових коефіцієнтів народжуваності та коефіцієнтів доживання, тобто показників, протилежних рівню смертності. Він являє собою кількісне мірило заміщення материнської генерації дочірньою, іншими словами, показує середню кількість дівчат, які народжені жінкою за весь період плідності й які дожили до того віку, в якому була жінка під час народження кожної з цих дівчат.

Вик



Статеві-вікова структура населення України, 2010р.

Вплив структурних чинників на демографічні процеси

$$m = \frac{M_0}{S_0} \times \frac{S_0}{S} + \frac{M_1}{S_1} \times \frac{S_1}{S} + \dots + \frac{M_{98}}{S_{98}} \times \frac{S_{98}}{S} + \frac{M_{99}}{S_{99}} \times \frac{S_{99}}{S}$$

$$m = m_0 d_0 + m_1 d_1 + \dots + m_{98} d_{98} + m_{99} d_{99} = \sum_0^{99} m_x d_x$$

Тож, загальний коефіцієнт смертності являє собою суму добутків часткових коефіцієнтів за всіма віковими групами

$$m = \frac{M}{S} 1000 = \sum_0^{99} m_x d_x$$

Стандартизація демографічних коефіцієнтів

це процедура усунення впливу структури населення на величину загальних демографічних коефіцієнтів. До процедури стандартизації звертаються, коли необхідно порівняти між собою величини загальних коефіцієнтів до різних поколінь.

це сукупність засобів перерахунку фактичних показників руху населення, розрахованих для конкретних умов, в умовні показники, розраховані за фіксованою структурою, відмінною від умов конкретного населення.

Алгоритм стандартизація демографічних коефіцієнтів

Перший етап – обчислення індексу фіксованого складу, який показує відмінність фактичного коефіцієнту від коефіцієнта, прийнятого за стандарт за умови нейтралізації структурного фактора.

Другий етап – обчислення стандартизованого коефіцієнта як добуток коефіцієнта стандартного населення на обчислений індекс.

$$m^{cm} = m^0 \times I_m$$

$$m^0 = \sum m_x^0 \times d_x^0$$

Алгоритм стандартизація демографічних коефіцієнтів

Способи стандартизації

```
graph TD; A[Способи стандартизації] --> B[прямий]; A --> C[побічний]; A --> D[зворотний]
```

прямий

побічний

зворотний

ПРЯМИЙ спосіб стандартизації

Використовується індекс плідності фіксованого складу, відповідно, формула стандартизованого коефіцієнту являє собою

$$I_m = \frac{\sum_{x=0}^{99} m_x^1 d_x^0}{\sum_{x=0}^{99} m_x^0 d_x^0} \quad \longrightarrow \quad m^{cm} = m_0 \times \frac{\sum_{x=0}^{99} m_x^1 d_x^0}{\sum_{x=0}^{99} m_x^0 d_x^0}$$

У такому випадку вагою є структура базисного населення, прийнята за стандарт.

$$m^0 = \sum m_x^0 \times d_x^0 \quad \longrightarrow \quad m^{cm} = \sum m_x^1 \times d_x^0$$

Стандартизований коефіцієнт являє собою середню арифметичну із фактичних вікових коефіцієнтів зважену по віковій структурі стандарту.

ПОБІЧНИЙ спосіб стандартизації

Використовується індекс плідності фіксованого складу, відповідно, формула стандартизованого коефіцієнту являє собою

$$I_m = \frac{\sum_{x=0}^{99} m_x^1 d_x^1}{\sum_{x=0}^{99} m_x^0 d_x^1} \longrightarrow m^{cm} = m_0 \times \frac{\sum m_x^1 d_x^1}{\sum m_x^0 d_x^1}$$

У такому випадку індекс фіксованого складу зважується за вагами порівняльного населення.

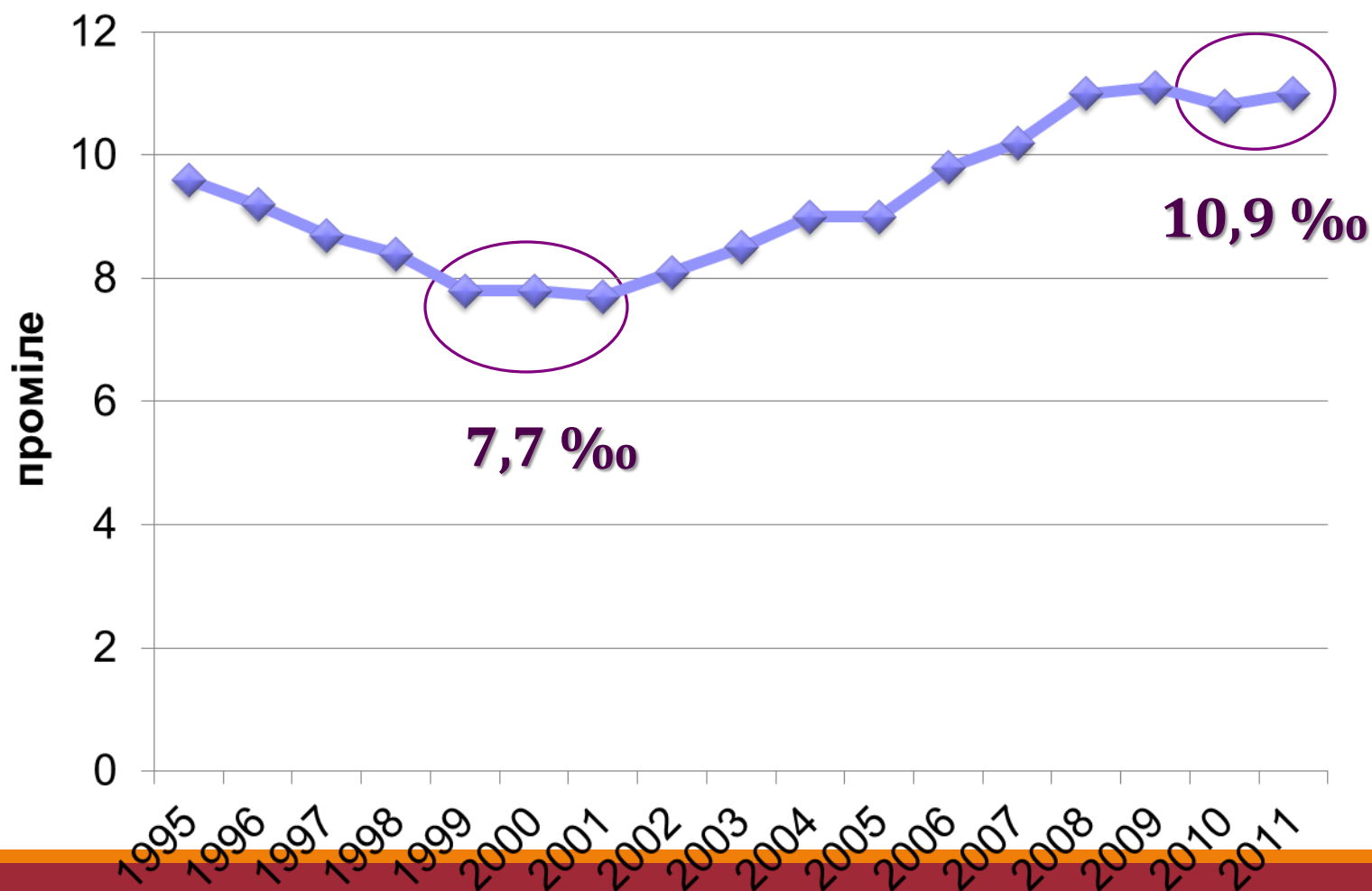
Тож, для стандартизації ПРЯМИМ способом необхідно мати стандартний розподіл, для ПОБІЧНОГО – вікові коефіцієнти інтенсивності.

ЗВОРОТНИЙ спосіб стандартизації

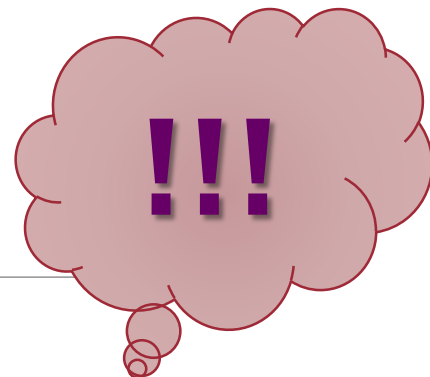
- Використовується у разі неможливості застосування попередніх (за умови неповних даних), коли наявні лише чисельності померлих за віковими групами
- Розділивши число померлих у X-му віці на віковий коефіцієнт смертності стандарту (m_x^0), сума цих чисел дає «очікувану» чисельність населення.
- Поділив її на фактичну чисельність населення, отримуємо індекс, який помножуємо на фактичний коефіцієнт, щоб отримати стандартизований коефіцієнт зворотнім способом.

$$m^{cm} = m^0 \times \frac{\sum_{x=0}^{99} \frac{M_x}{m_x^0}}{S}$$

Динаміка коефіцієнту народжуваності в Україні за період 1995-2011 рр.



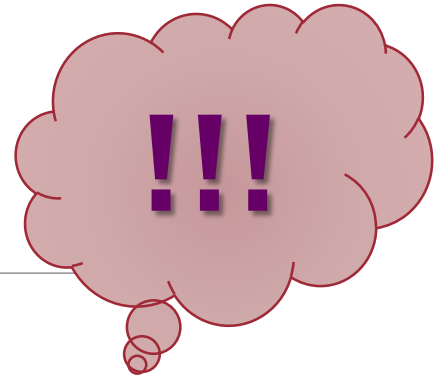
Визначимо, за рахунок яких внутрішніх чинників показник змінився



Вихідні дані для розрахунку стандартизованих коефіцієнтів народжуваності

| Україна | | | | | | |
|-----------------------|---|---|-----------------------|--|---|-----------------------|
| вікові групи, роки | 2001 | | | 2010 | | |
| | середньоріч на чисельність жінок, осіб | абсолютне число народжених, осіб | коеф. народж. ‰ | середньорічн а чисельність жінок, осіб | абсолютне число народжених, осіб | коеф. народж. ‰ |
| 15-19 | 1869440 | 54588 | 29,2 | 1390857 | 40057 | 28,8 |
| 20-24 | 1732074 | 157099 | 90,7 | 1805319 | 162659 | 90,1 |
| 25-29 | 1702145 | 99916 | 58,7 | 1832922 | 161114 | 87,9 |
| 30-34 | 1617055 | 44631 | 27,6 | 1685604 | 92877 | 55,1 |
| 35-39 | 1829481 | 16465 | 9 | 1654408 | 36893 | 22,3 |
| 40-44 | 1992836 | 3786 | 1,9 | 1570170 | 6595 | 4,2 |
| 45-49 | 1839642 | 184 | 0,1 | 1856877 | 371 | 0,2 |

Стандартизуємо вікову структуру



1. Обчислюємо стандарт структури за групами
2. Обчислюємо чисельність народжених за віковими групами за стандартом вікової структури і реальному показнику повікової інтенсивності народжень
3. Визначаємо загальний коефіцієнт народжуваності

Різниця між показниками становить 2,9 ‰ або 30 %

| вікові групи, роки | Україна | |
|--------------------|----------------------------------|--|
| | Стандарт вікової структури, осіб | Абсолютна чисельність народжених при різних повікових коефіцієнтах народжуваності та єдиному стандарті вікової структури, осіб |
| | | 2001 2010 |
| 15-19 | | |
| 20-24 | | |
| 25-29 | | |
| 30-34 | | |
| 35-39 | | |
| 40-44 | | |
| 45-49 | | |
| ВСЬОГО | | |

Стандартизуємо повікову інтенсивність

- 1.Обчислюємо стандарт повікових коефіцієнтів
- 2.Обчислюємо чисельність народжених за віковими групами за стандартом повікових коефіцієнтів і реальному показнику вікової структури
- 3.Визначаємо загальний коефіцієнт народжуваності



Різниця між показниками становить 0,6 ‰ або 6 %

| вікові групи, роки | Україна | | |
|--------------------|--|--|------|
| | Стандарт повікових коефіцієнтів народжуваності ‰ | Абсолютна чисельність народжених при різній віковій структурі та єдиному стандарті повікових коефіцієнтів народжуваності, осіб | |
| | | 2001 | 2010 |
| 15-19 | | | |
| 20-24 | | | |
| 25-29 | | | |
| 30-34 | | | |
| 35-39 | | | |
| 40-44 | | | |
| 45-49 | | | |
| ВСЬОГО | | | |

Очікувана чисельність народжень в Україні за умови різних показників вікової структури та повікової інтенсивності народжень

| вікові групи, роки | середньорічна чисельність жінок, осіб | | коефіцієнт народжуваності, ‰ | | фактичне число народжених, осіб | | очікуване число народжених, осіб | |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|-------|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
| | 2001 | 2010 | 2001 | 2010 | 2001 | 2010 | | |
| | P_0 | P_1 | q_0 | q_1 | P_0q_0 | P_1q_1 | P_1q_0 | P_0q_1 |
| 15-19 | 1869440 | 1390857 | 29,2 | 28,8 | 54588 | 40057 | 40613 | 53840 |
| 20-24 | 1732074 | 1805319 | 90,7 | 90,1 | 157099 | 162659 | 163742 | 156060 |
| 25-29 | 1702145 | 1832922 | 58,7 | 87,9 | 99916 | 161114 | 107593 | 149619 |
| 30-34 | 1617055 | 1685604 | 27,6 | 55,1 | 44631 | 92877 | 46523 | 89100 |
| 35-39 | 1829481 | 1654408 | 9 | 22,3 | 16465 | 36893 | 14890 | 40797 |
| 40-44 | 1992836 | 1570170 | 1,9 | 4,2 | 3786 | 6595 | 2983 | 8370 |
| 45-49 | 1839642 | 1856877 | 0,1 | 0,2 | 184 | 371 | 186 | 368 |
| ВСЬОГО | 12582673 | 11796157 | | | 376669 | 500566 | 376529 | 498153 |

Стандартизація демографічних коефіцієнтів

Другою складовою вивчення впливу структурних факторів є вимірювання сили їх впливу на значення коефіцієнтів інтенсивності.

Для отримання індексу впливу структурних факторів на рівень коефіцієнта необхідно поділити фактичний коефіцієнт на стандартизований.

В цілому, стандартизація коефіцієнтів виключно інструмент порівняння та вивчення сили впливу структурних чинників, отримані в результаті коефіцієнти не мають самотійного значення.

Практичне заняття

Питання для обговорення:

- Загальні коефіцієнти
- Спеціальні коефіцієнти
- Часткові коефіцієнти
- Загальний коефіцієнт дитячої смертності;
- Загальний коефіцієнт розлучуваності і шлюбності;
- Основні спеціальні та часткові демографічні коефіцієнти;
- Знати основні визначення, поняття, класифікації, особливості
- демографічних показників і коефіцієнтів, вміти їх обчислювати.

- Самостійно опрацювати основні загальні, спеціальні та часткові демографічні коефіцієнти
- ЗНАТИ основні визначення, поняття, класифікації, особливості демографічних показників та коефіцієнтів,
- ВМІТИ їх обчислювати та аналізувати.



(Have A Nice Day!)