

Система моделей прогноза демографических показателей

Понятие демографии

Демография (от греч. demos – народ и grapho – пишу) – буквально народоописание, описание народа

Предмет изучения демографии

- Предметом демографии является *воспроизводство населения, т.е. процесс непрерывного возобновления его численности и структур через смену поколений, через процессы рождаемости и смертности*
- Предметом являются закономерности воспроизводства и миграции населения, особенности их проявления и эволюции на разных исторических этапах общественного развития, в различных социально-экономических и этнокультурных условиях

Объект изучения демографии

- Объектом демографической науки как определенной системы знаний, является народонаселение, локализованное в пространстве и времени

Народонаселение

- совокупность людей, проживающих в пределах определенной территории: региона, страны, континента, всего мира
- это совокупность людей, проживающих одновременно на какой-либо территории

Народонаселение – социально долговечная, устойчивая совокупность, способная к самовоспроизводству

Понятие структуры (состава) населения

– распределение индивидов по тем или иным, выделенным по различным основаниям типологическим группам.

Например, распределение населения на мужчин и женщин, на жителей городов и сельской местности, на состоящих и не состоящих в браке, на грамотных и неграмотных, на имеющих тот или иной уровень образования, на экономически активных и иждивенцев, на принадлежащих к той или иной социальной, этнической или конфессиональной группе.

Состав населения

- Состав населения – распределение людей, образующих население, по группам в соответствии со значениями того или иного признака

Демографические структуры

– это структуры населения, которые непосредственно прямой и обратной связью связаны с воспроизводством населения

Демографа интересуют лишь те из них, которые непосредственно прямой и обратной связью связаны с воспроизводством населения: *половая структура* (половой состав), *возрастная структура* (возрастной состав), а также *брачная и семейная структура* (брачный и семейный состав) населения

Демографические процессы

процессы рождаемости, смертности, а также брачности и разводимости, будучи составными частями воспроизводства населения, и называются *демографическими процессами*

Источники информации о населении

Основные источники:

перепись населения

текущий учет естественного движения

Дополнительные источники:

выборочные обследования

различные списки и регистры населения

Перепись населения

– это «единый процесс сбора, обобщения, оценки, анализа и публикации, или распространения иным образом, демографических, экономических и социальных данных, относящихся по состоянию на определенное время ко всем лицам в стране или четко ограниченной части страны»

Категории населения

- Под *категорией населения* понимается общая характеристика совокупности жителей того или иного населенного пункта, той или иной территории в зависимости от их связи с этой территорией
- В статистике населения принято различать **три категории** населения (А. Кетле): *постоянное, наличное и приписное (юридическое)*

Постоянное (обычное) население

– это совокупность лиц, постоянно живущих в данной местности, независимо от того, где они реально находятся в момент проведения переписи населения и состоят ли они в списках жителей этой территории

Наличное население

– это совокупность людей, находящихся в данной местности в тот или иной момент времени, независимо от того, сколько времени они здесь находятся или предполагают находиться, числятся они или нет в каких-либо списках

Юридическое (приписное) население

– это те, кто значится в списках жителей данной территории, прописан здесь или связан с данной местностью какими-либо другими правилами регистрации независимо от фактического проживания

Взаимосвязь категорий

$$\text{ПН} = \text{НН} + \text{ВО} - \text{ВП};$$

$$\text{НН} = \text{ПН} + \text{ВП} - \text{ВО},$$

где ПН- постоянное население;

НН - наличное население;

ВО – временно отсутствующие;

ВП – временно проживающие

Естественное движение населения

– это изменение численности населения в результате рождений и смертей

Абсолютные показатели естественного движения населения

1. **Число родившихся за период (Р)**
2. **Число умерших за период (У)**
3. **Естественный прирост (убыль)** населения, который определяется как разность между числом родившихся и умерших за период:

$$\text{ЕП} = \text{Р} - \text{У}$$

Относительные показатели естественного движения населения

1. Коэффициент рождаемости
2. Коэффициент смертности
3. Коэффициент естественного прироста
4. Коэффициент жизненности

Все коэффициенты, кроме коэффициента жизненности, рассчитываются в промилле, т.е. на 1000 человек населения, а коэффициент жизненности определяется в процентах (т.е. на 100 человек населения)

Относительные показатели естественного движения населения

- ***Общий коэффициент рождаемости***

Показывает, сколько человек рождается в течение календарного года в среднем на каждую 1000 человек наличного населения

$$K_{\text{рожд}} = \frac{P}{НН} 1000$$

- ***Общий коэффициент смертности***

Показывает, сколько человек умирает в течение календарного года в среднем на каждую 1000 человек наличного населения

$$K_{\text{см}} = \frac{У}{НН} 1000$$

Относительные показатели естественного движения населения

- **Коэффициент естественного прироста**

Показывает величину естественного прироста (убыли) населения в течение календарного года в среднем на 1000 человек наличного нас

$$K_{\text{Е.П}} = \frac{\text{ЕП}}{\text{НН}} \cdot 1000 \quad \text{или} \quad K_{\text{Е.П}} = K_{\text{рожд}} - K_{\text{см}}.$$

- **Коэффициент жизненности**

- Показывает соотношение между рождаемостью и смертностью, характеризует воспроизводство населения.
(Если $K_{\text{жизн}} < 100\%$, то население региона вымирает, если $K_{\text{жизн}} > 100\%$, то численность населения увеличивается)

$$K_{\text{жизн}} = \frac{P}{Y} \cdot 100 \quad \text{или} \quad K_{\text{жизн}} = \frac{K_{\text{рожд}}}{K_{\text{см}}} \cdot 100$$

Специальные показатели естественного движения населения

- ***Коэффициент брачности***

Показывает, сколько браков приходится на 1000 человек в течение календарного года

$$K_{\text{брачности}} = \left(\frac{\text{число лиц, вступивших в брак}}{\text{среднегодовая численность населения}} \right) * 1000$$

- ***Коэффициент разводимости***

Показывает, сколько разводов приходится на каждую тысячу населения в течение календарного года

$$K_{\text{разводимости}} = \left(\frac{\text{число лиц, разведенных в году}}{\text{среднегодовая численность населения}} \right) * 1000$$

Специальные показатели естественного движения населения

- ***Коэффициент младенческой смерти***

Вычисляется как сумма двух составляющих (в промилле).

1. отношение числа умерших в возрасте до одного года из поколения, родившегося в этом году, для которого вычисляется коэффициент, к общему числу родившихся в этом году.

2. отношение числа умерших в возрасте до одного года из поколения, родившегося в предшествующем году, к общему числу родившихся в предыдущем году.

- **$K_{\text{младенческой смертности}} = (\text{число умерших детей в возрасте до 1 года} / \text{число родившихся живыми за год}) * 1000$**

Специальные показатели естественного движения населения

- ***Возрастной коэффициент рождаемости***

Показывает число родившихся в среднем на 1000 женщин каждой возрастной группы

- ***Специальный коэффициент рождаемости (плодовитости)***

Показывает, какое количество рождений приходится в среднем на 1000 женщин в возрасте от 15 до 49 лет

Возрастной коэффициент смертности

- Показывает среднее число умерших на 1000 человек населения данной возрастной группы

Специальные показатели естественного движения населения

- ***Суммарный коэффициент рождаемости***

Показывает, сколько в среднем детей родила бы одна женщина на протяжении её жизни при сохранении в каждом возрасте существующего уровня рождаемости

- ***Ожидаемая продолжительность жизни при рождении***

Показывает число лет, которое в среднем предстояло бы прожить человеку из поколения родившихся при условии, что на протяжении всей жизни этого поколения половозрастная смертность останется на уровне того года, для которого вычислен этот показатель

Специальные показатели естественного движения населения

- ***Коэффициент эффективности воспроизводства населения***

Показывает долю естественного прироста в общем обороте населения

$$K = \frac{N - M}{N + M} * 100$$

N – число родившихся за год

M – число умерших за год

Механическое движение (миграция) населения

- **Миграция** — перемещение людей между отдельными территориями, связанное с постоянной, временной или сезонной переменой места жительства.

Причины миграций:

- экономические;
- политические;
- национальные;
- религиозные.

Внутренняя и внешняя миграция

- К внутренним миграциям относится **перемещение населения из села в город**

- **Виды внешней миграции:**

эмиграция — выезд граждан из своей страны в другую на постоянное жительство или более или менее длительный срок

иммиграция — въезд граждан в другую страну на постоянное жительство или более или менее длительный срок.

Абсолютные показатели миграции

1. **Число прибывших** в данный населенный пункт (П)
2. **Число выбывших** из данного населенного пункта (В)
3. **Механический прирост** населения (сальдо миграции, чистая миграция)

$$МП = П - В$$

4. **Валовая миграция** (Брутто миграции)

$$Б = П + В$$

Относительные показатели миграции

1. Коэффициент прибытия
 2. Коэффициент выбытия
 3. Коэффициент механического прироста
 4. Коэффициент оборота миграции
- Приведенные ниже коэффициенты вычисляются в промилле, т.е. на 1000 человек населения

Относительные показатели миграции

- ***Коэффициент прибытия***

Показывает, сколько человек прибывает в данный регион в среднем на каждую 1000 человек населения в течение календарного года

$$K_{\text{пр}} = \frac{\Pi}{\text{НН}} 1000.$$

- ***Коэффициент выбытия***

Показывает, сколько человек выбыло из данного региона в среднем на каждую 1000 человек населения в год

$$K_{\text{выб}} = \frac{В}{\text{НН}} 1000.$$

Относительные показатели миграции

- **Коэффициент механического прироста (чистого прироста)**

Характеризует величину механического прироста, приходящуюся на 1000 человек населения региона за год

$$K_{\text{м.п.}} = \frac{\text{НП}}{\text{НН}} \cdot 1000 \quad \text{или} \quad K_{\text{м.п.}} = K_{\text{пр}} - K_{\text{выб.}}$$

- **Коэффициент оборота миграции**

Общий прирост населения

– разность между численностью населения на начало изучаемого периода времени и численностью населения на конец того же периода или на начало следующего периода

Общий прирост населения. Уравнение баланса

- Численность населения на конец года =
 - = Численность населения на начало года +
 - + Число родившихся за год +
 - + Число прибывших за год -
 - Число умерших за год -
 - Число выехавших за год
- Коэффициент общего прироста населения $K_{оп}$:

$$K_{оп} = K_{рожд} - K_{см} + K_{пр} - K_{выб} = K_{еп} + K_{мп}$$

Перспективная численность населения

$$H_{t+n} = H_n \cdot \left(1 + \frac{K_{o.п}}{1000}\right)^t$$

H_n — численность населения на начало планируемого периода;

t — число лет, на которые прогнозируется расчет

$K_{оп}$ — коэффициент

$$H_{t+n} = H_n + \overline{\Delta H} \cdot t \text{ или } H_{t+n} = H_n + (\overline{K_p})^t.$$

$\overline{\Delta H}$

$\overline{K_p}$ — среднегодовой абсолютный прирост населения за период

среднегодового коэффициента роста за период

Модели населения

- **Стабильное население** представляет собой теоретическую модель населения, в котором сохраняются неизменными (постоянными, устойчивыми, стабильными) возрастные характеристики рождаемости и смертности, а также возрастная структура населения.
- Модель стабильного населения показывает, какой возрастной состав населения соответствует существующему (или любому заданному) режиму воспроизводства населения, т.е. сочетанию уровней рождаемости и смертности

Численность населения в каждой половозрастной группе при построении модели стабильного населения

$$S_x^{\text{стаб}} = L_x * e^{-rx},$$

где:

L_x — число живущих в возрасте x из таблицы дожития;

x — возраст (если данные относятся к возрастному интервалу, то в качестве x берется его середина);

e — основание натурального логарифма;

r — истинный коэффициент естественного прироста.

Модели населения

- **Стационарное население** – частный случай стабильного населения при нулевом истинном коэффициенте естественного прироста населения.
- Общие коэффициенты рождаемости и смертности в этом населении одинаковы и равны $1000/e_0$,

где e_0 – средняя ожидаемая продолжительность предстоящей жизни для новорожденных обоих полов вместе

Демографические модели

Модели, не учитывающие половозрастное распределение

$$\frac{dP}{dt} = \alpha * P \quad \text{зель экспоненциального роста}$$

$$\frac{dP}{dt} = \alpha * P^2 \quad \text{зель гиперболического роста}$$

$$\frac{dP}{dt} = (\alpha - \beta * P) * P \quad \text{логистическое уравнение}$$

P – суммарная численность населения

α, β – коэффициенты, зависящие от времени

Демографические модели

Модели, учитывающие половозрастное распределение

$$\frac{\partial P(x,s,t)}{\partial t} + \frac{\partial P(x,s,t)}{\partial a} = -(\mu_p(x,s,t) * P(x,s,t) + Migr(x,s,t))$$

x	-	Возраст
s	-	Пол
t	-	Время
$P(x,s,t)$	-	численность населения
$Migr(x,s,t)$	-	нетто миграция
$\mu_p(x,s,t)$	-	вероятность смерти среди населения

Демографические модели

Модели, учитывающие половозрастное распределение

В качестве граничных условий задается число новорожденных, определенное согласно функции рождаемости, зависящей от возраста матери и времени:

$$P(0, s, t) = \int_{a1}^{a2} fert(x, t) * P(x, females, t) da$$

$a1$, $a2$ – границы возрастного интервала рождения ребенка

$fert(x, t)$ функция рождаемости

Разностный аналог

$$P(x+1, s, t+1) = P(x, s, t) * (1 - \mu_p(x, s, t)) + Migr(x, s, t)$$

- Число новорожденных мальчиков и девочек:

$$P(0, males, t) = 0,515 * \sum_{a=15}^{a \max} f(x, t) * P(x, females, t)$$

$$P(0, females, t) = 0,485 * \sum_{a=15}^{a \max} f(x, t) * P(x, females, t)$$

- males – мужчины, females – женщины.
- Коэффициенты 0,515 и 0,485 – выбраны исходя из соотношения между родившимися мальчиками и девочками

Использование показателей динамики коэффициента смертности

Способ, позволяющий оценить изменение уровня смертности в течение времени в каждом возрасте.

Сопоставим вероятности смерти в каждом возрасте в течение заданного промежутка времени.

Вероятность умереть в возрасте (a) в год

$$\mu(x, s, t) = \left(1 - \frac{l_{x+1}(s, t)}{l_x(s, t)}\right)$$

Здесь $l_x(s, t)$ – число доживших пола (s) до возраста (x), согласно таблице дожития в год (t)

Изменение вероятности смертности за год

$$\Delta\mu(x, s, t + 1) = \frac{\mu(x, s, t + 1)}{\mu(x, s, t)}$$

Демографическое прогнозирование

- Демографический прогноз – это научно обоснованное предвидение основных параметров движения населения и будущей демографической ситуации: численности, возрастно-половой и семейной структуры, рождаемости, смертности, миграции.

Классификация демографических прогнозов

По длине прогнозного горизонта

- краткосрочные (1 - 5 лет)
- среднесрочные (5 - 25 лет)
- долгосрочные (> 25 лет)

Классификация демографических прогнозов

По целям прогнозирования

- аналитические
- прогнозы-предостережения
- нормативные прогнозы
- функциональные прогнозы

Методы демографического прогнозирования

- методы, основанные на применении математической функции (экстраполяционный и аналитический методы)
- метод передвижки возрастов, или метод компонент

Экстраполяционный метод прогнозирования

Для перспективного расчета применяется линейная функция:

$$P_t = P_0 + \Delta \cdot t$$

где P_0 и P_t - численность населения соответственно в моменты времени 0 и t ,

Δ - абсолютный среднегодовой прирост

При допущении неизменных уровней рождаемости и смертности и постоянном сальдо миграции используют экспоненциальную функцию:

$$P_t = P_0 \cdot e^{rT}$$

r - среднегодовые темпы прироста

Пример

Известна численность Новосибирской области по данным переписи населения за 1979 и 1989 гг. (2618 тыс. чел. и 2782 тыс. чел. соответственно). Определить численность населения области на 1 января 2005 г. при предположении неизменности ее абсолютных среднегодовых приростов.

Решение

Рассчитаем величину абсолютных приростов

$$\Delta = \frac{2782 - 2618}{10} = 16,4 \text{ тыс. чел}$$

Численность населения Новосибирской области на 1 января 2005 г. будет равна:

$$P_{2005} = 2782 + 16,4 \cdot 16 = 3044,4 \text{ тыс. чел.}$$

Решение

- Применим экспоненциальную функцию.
- Рассчитаем прежде всего среднегодовые темпы прироста

$$r = \frac{\ln P_{1989} - \ln P_{1979}}{10} = \frac{\ln 2782 - \ln 2618}{10} \approx \frac{7.93093 - 7.87017}{10} \approx 0,00608$$

- Определим численность населения Новосибирской области на 1 января 2005 г., используя вычисленное значение среднегодовых темпов прироста:

$$P_{2005} \approx 2782 \cdot e^{0,00608 \times 16} \approx 2782 \cdot 1,102097 \approx 3066,0 \text{ тыс. чел}$$

Метод компонент, или метод передвижки возрастов

- позволяет получать не только общую численность населения, но и его распределение по полу и возрасту
- Метод основан на использовании данных о возрастном составе населения и коэффициентов дожития из таблиц смертности

Суть метода передвижки возрастов

- Суть метода передвижки возрастов состоит в том, что численность населения возрастной группы x на момент времени t рассчитывается как произведение численности населения возрастной группы $(x-1)$ на момент времени $(t-1)$ и коэффициента дожития для данной возрастной группы, показывающего, какая часть лиц в возрасте $(x-1)$ доживет до возраста x лет

Схема расчета

- Известна возрастная численность населения S_x^t на начало года (t). В течение года исходная численность изменится: часть населения умрет, другая часть покинет данную территорию, кто-то, наоборот, прибудет на новое место жительства.
- По истечении года на начало года (t+1) численность населения в возрасте (x+1) будет равна

$$S_{x+1}^{t+1} = S_x^t * P_x + M_x$$

$P_x = L_{x+1} / L_x$ - коэффициент передвижки в следующий возраст, который рассчитывается как отношение чисел живущих по таблицам дожития в возрасте (x) и (x+1)

M_x - сальдо по возрастной миграции

Схема расчета

- Численность возрастной группы 0 лет при наступлении года ($t+1$) рассчитывается с учетом уровня рождаемости и младенческой смертности, поскольку не все родившиеся доживут до конца года.
- Сначала рассчитывается число родившихся. Для этого необходимо знать повозрастную рождаемость и среднегодовую численность женщин соответствующих возрастов, перемножение которых дает число родившихся.
- Данные о повозрастной рождаемости – есть результат предварительного прогноза или гипотезы о неизменном характере рождаемости в перспективе.
- Данные о численности женщин – есть результат предварительной передвижки.
- Поскольку в итоге передвижки получают данные о численности на начало года, необходимо рассчитать среднегодовую численность

Схема расчета

- Чтобы из числа родившихся получить отдельно численность мальчиков и девочек, применяют коэффициент соотношения полов при рождении, который представляет собой эмпирическую закономерность, зафиксированную в результате длительного периода наблюдений (105 мальчиков на 100 девочек, что соответствует соотношению 0,52:0,48). Затем умножают число родившихся на вероятность дожития из таблиц смертности для лиц соответствующего пола и получают число S_{0}^{t+1} .