**Методика демографического прогноза**

Расчет ведется методом компонент. Разработку сценариев о возможных путях изменения показателей рождаемости, смертности и миграции осуществляют эксперты. В качестве сценарных переменных для рождаемости используются средний возраст матери при рождении ребенка и суммарный коэффициент рождаемости, для смертности – ожидаемая продолжительность жизни при рождении и коэффициент младенческой смертности, для миграции – абсолютные числа прибывших и выбывших. Сценарии уточняются раз в два года. Расчет проводится по всем субъектам Российской Федерации.

На **первом** этапе происходит определение младенческой смертности по полу (приложение 1) и преобразование сценарных переменных, разработанных экспертами, в возрастные коэффициенты рождаемости, смертности и миграции (приложения 2-4).

На **втором** этапе происходит расчет демографического прогноза на основе процедуры «передвижка по возрастам» (приложения 5-6).

На **третьем** этапе на данных прогноза населения происходит расчет таблиц рождаемости и смертности для всего прогнозного периода (приложения 7-8).

Блок-схема взаимоувязанных прогнозных расчетов на национальном и региональном уровнях

Прогноз по России в целом за весь прогнозный период

Разработка сценариев демографического развития по Российской Федерации и ее субъектам

Расчет за каждый прогнозный год по всем субъектам России

Балансировка возрастных чисел рождений, чисел умерших и мигрантов, полученных в ходе независимого расчета за 1 год по всем субъектам к соответствующему итогу по России

Расчет сбалансированных численностей населения и показателей демографических таблиц

Сохранение результатов сбалансированного расчета за каждый год по всем субъектам

Независимый расчет за 1 год по всем субъектам

Приложение 1

**Процедура определения коэффициента младенческой смертности по полу на основе коэффициента смертности для двух полов вместе**

 - год, для которого производиться расчет, - пол, - субъект.

Входные показатели

- коэффициент младенческой смертности для обоего пола,



Выходные показатели

- коэффициент младенческой смертности мужчин и женщин

Расчет



,

где

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 0.16091 | 1.26673 |  |
|  | 1.10188 | 1.07841 |  |
|  | -0.17762 | -1.35423 |  |
|  | 0.89273 | 0.9184 |  |



Процедура выполнена

Приложение 2

**Процедура определения возрастных показателей смертности на основе ожидаемой продолжительности жизни и коэффициента младенческой смертности (по полу)**

 - год, для которого производится расчет, - пол, - субъект.

Входные показатели

Возрастные вероятности смерти, взятые в качестве базовой модели . При прогнозе берутся - возрастные вероятности смерти в предыдущем году , , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

- прогнозируемые ожидаемая продолжительность жизни по полу  и коэффициент младенческой смертности в году ;

Ряды констант

константы для преобразования логитов вероятностей смерти

**- вспомогательный ряд

Выходные показатели

 - возрастные вероятности смерти в году , по полу  и возрасту , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности.

 - возрастные вероятности дожития в году , по полу  и возрасту , где возраст «-1» означает родившихся в году ;

**Для упрощения в формулах опускается признак пола и региона **.

Рассчитывается



 (напомним - сценарное значение младенческой смертности).

Задача решается подбором параметров и , таких что ряд



соответствует сценарным ожидаемой продолжительности жизни и коэффициенту младенческой смертности в году .



Второй параметр подбирается с помощью итераций, его значение при итерации  обозначим 

Первоначально (шаг итераций 0) ,

На каждом шаге итерации, соответствующие и величины рассчитываются по формулам



Далее:



Наконец,



Определяется разность 

Задача считается решенной, если 

На первом шаге итераций, на втором и последующем шагах





После завершения итераций рассчитывается ряд  - возрастных вероятностей дожития в году , 







Приложение 3

**Процедура определения возрастных показателей рождаемости на основе коэффициента суммарной рождаемости и среднего возраста матери при рождении ребенка**

 - год, для которого производится расчет, - регион.

Входные показатели

- ряд возрастных коэффициентов в предыдущем году , , - номер возрастной группы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 |
|  | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|  | 19 | 24 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 |

- прогнозируемые суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году ;

Ряды констант

 константы для преобразования логитов коэффициентов рождаемости

Выходные показатели

- ряд возрастных коэффициентов в году , , - номер возрастной группы.

Для упрощения в формулах признак региона опускается

Рассчитывается



Задача решается подбором параметра , такого, что ряд



будет соответствовать - прогнозируемые суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году .

Задача решается итерационно. При величина .

При заданном величина определяется следующим образом

;

;

;

Определяется разность 

Задача считается решенной, если 

На первом шаге итераций,  на втором и последующем шагах





После завершения итераций рассчитывается ряд



 **Приложение 4**

**Процедура определения чисел мигрантов по полу и возрасту и расчета населения с учетом миграции**

Входные показатели

население региона  в момент времени  без учета миграции в году ,
( - на начало, - на конец года) по возрасту  и полу .

- сценарное число прибывших в территорию  в году  и типу миграции , при расчете по России присутствуют два типа миграции,  миграция из населения с возрастной структурой, похожей на население России,  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой (при расчете по регионам вся миграция относится к первому типу).

- сценарное число выбывших из территории  в году;

- население региона  в момент времени  по возрасту  и полу .

- число прибывших в территорию  в году  по полу и возрасту. При расчете по России присутствуют два типа миграции,  миграция из населения с возрастной структуры, похожей на население России,  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой. Считается, что вся миграция базового года относится к первому типу.

- число выбывших из территории  в году по полу и возрасту.

Ряды констант

При расчете по России - структура миграции второго типа.

При расчете по регионам:

- стандартная структура прибывших;

- стандартная интенсивность выбытия.

Выходные показатели

население региона  в момент времени с учетом миграции в году , ( - на начало, - на конец года) по возрасту  и полу .

- число прибывших в территорию  в году , ( - на начало, - на конец года) по возрасту  и полу .

- число выбывших из территории в году  ( - на начало, - на конец года) по возрасту  и полу .

Алгоритм расчета включает в себя следующие этапы:

1. Определяются числа выбывших по полу и возрасту

1.1. выбирается такое максимальное , , что ,

1.2. Для года рассчитывается среднегодовое население

 и числа выбывших мигрантов по возрасту на момент переезда



1.3. Если существует, то



иначе



2. Определяются числа прибывших (по России – миграция первого типа ) по полу и возрасту

2.1. выбирается такое максимальное , , что ,

2.2. Для года рассчитывается среднегодовое население

 и числа прибывших мигрантов по возрасту на момент переезда



2.3. Если существует, то



иначе



3. Определяются числа прибывших второго типа  только по России по полу и возрасту



По регионам предполагается, что . Содержательно это означает, что миграция второго типа объединена с миграцией первого типа.

4. Расчет населения с учетом миграции



 **Приложение 5**

 **Процедура прогноза населения ОДНОГО субъекта на ОДИН год**

 - год, для которого производится расчет, - пол, - субъект.

Входные показатели

*Сценарные переменные*

- суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году ;

- ожидаемая продолжительность жизни и коэффициент младенческой смертности в году ;

- число прибывших в территорию в году  и типу, при расчете по России присутствуют два типа миграции,  миграция из населения с возрастной структуры, похожей на население России,  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой, при расчете по регионам вся миграция относится к первому типу.

- сценарное число выбывших в территорию в году ;

 - доля девочек среди новорожденных.

*Результаты прогноза на начало года*  *или данные базового года*

- население региона на начало года  по возрасту  и полу .

- ряд возрастных коэффициентов в предыдущем году , , - номер возрастной группы.

- возрастные вероятности смерти в предыдущем году , по полу , и возрасту , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

-число прибывших в территорию в году по полу и возрасту и типу.

-число выбывших из территории в году по полу и возрасту.

*Данные предыдущих расчетов от базового года до года*

- население региона в момент времени  по возрасту  и полу .

-число прибывших в территорию в году по полу и возрасту и типу.

-число выбывших из территории в году по полу и возрасту.

Ряды констант

 константы для преобразования логитов коэффициентов рождаемости

константы для преобразования логитов вероятностей смерти

, - логиты стандартных чисел живущих таблицы смертности.

- вспомогательный ряд

[при расчете по России] - структура миграции второго типа.

- стандартная структура прибывших;

- стандартная интенсивность выбытия.

Выходные показатели

- население региона на начало года  по возрасту  и полу .

- ряд возрастных коэффициентов в году, , - номер возрастной группы.

- ряд возрастных вероятностей смерти в году  по полу  и возрасту , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

- число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе в году ;

- общее число родившихся по полу в году ;

- число умерших в году по возрасту на начало года и полу;

- число прибывших в территорию в году по полу, возрасту и типу.

-число выбывших из территории в году  по полу и возрасту.

Расчет

1. С помощью процедуры определения чисел мигрантов по полу и возрасту в момент (начало или конец года) и процедуры расчета населения с учетом миграции определяется население на начало года

2. С помощью «Процедуры определения коэффициента младенческой смертности по полу на основе коэффициента смертности для двух полов вместе» (Приложение 1) переходим от сценарного коэффициента младенческой смертности для двух полов к показателям по полу.

С помощью процедур «Процедура определения возрастных показателей смертности на основе ожидаемой продолжительности жизни и коэффициента младенческой смертности (по полу)» и «Процедура определения возрастных показателей рождаемости на основе коэффициента суммарной рождаемости и среднего возраста матери при рождении ребенка» (Приложение 2,3) на основе соответствующих сценарных переменных рассчитываются

- ряд возрастных коэффициентов в году , , - номер возрастной группы.

- ряд возрастных вероятностей смерти в году , по полу  и возрасту  для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

 - ряд возрастных вероятностей дожития в году , по полу , и возрасту , где возраст «-1» означает родившихся в году ;

3. Население на конец года без учета миграции определяется по формулам





Число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе в году определяется по формуле



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|  | 19 | 24 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 |

Общее число родившихся по полу в году равно:

для девочек 

и для мальчиков .



4. Окончательное население на начало года  определяется с помощью процедуры «Процедура определения чисел мигрантов по полу и возрасту в момент (начало или конец года) и расчет населения с учетом миграции»



Число мигрантов в году по возрасту на начало года и полу определяется как





Число умерших в году по возрасту на начало года и полу определяется как



Приложение 6

**Процедура балансировки результатов региональных прогнозов к ранее рассчитанному прогнозу по России**

Балансировке подлежат следующие показатели:

1) - общее число родившихся обоего пола в году ;

2) - общее число родившихся по полу в году ;

3) - число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе  в году ;

4)- число прибывших в территорию в году  по полу, возрасту и типу;

5)- число умерших в году  по возрасту на начало года и полу;

6)-число выбывших из территории в году по полу и возрасту.

Пусть - основной перечень регионов. Допустим, что регионов  содержат внутри себя другие субъекты Российской Федерации. Необходимо пересчитать возрастные численности населения на начало года  и все подлежащие балансировке ряды с тем, чтобы все регионы стали независимы друг от друга, т.е. вычтем из данных по регионам  данные по входящим в них регионам, где таковые данные имеются – по возрастам (возрастным группам) и полу. Если в процессе вычитания получается отрицательное число, то оно заменяется на 0.

Новый список регионов -  - Россия.

1. Общее число родившихся обоего пола балансируется следующим образом:

, где индекс отличает сбалансированный ряд от несбалансированного, а 

2. - общее число родившихся по полу балансируется с помощью процедуры «Процедура балансировки прямоугольных таблиц при возможном верхнем ограничении на элементы». Строка балансируемой матрицы – пол, столбец – регион. В качестве новой суммы матрицы по строкам берутся числа родившихся в России по полу, в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся числа родившихся в регионах обоих полов вместе. Верхнее ограничение отсутствует.

3. - число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе  балансируется с помощью вышеназванной процедуры. Строка балансируемой матрицы соответствует возрастной группе, столбец – региону. В качестве новой суммы матрицы по строкам берутся числа родившихся в России по возрастным группам матери, в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся общие числа родившихся в регионах обоих полов вместе. Верхнее ограничение отсутствует.

4.- число прибывших в территорию в году  по полу, возрасту и типу. Для каждого пола подсчитывается сумма . Если эта сумма больше или равна , то балансировка не требуется.

В другом случае

4.1. Подсчитываются суммы .

4.2. Ряд  следующим образом балансируется к итогу по России , где .

4.3. Ряд - число прибывших в территорию  балансируется с помощью вышеназванной процедуры «Процедура балансировки прямоугольных таблиц при возможном верхнем ограничении на элементы» для каждого пола отдельно. Строка балансируемой матрицы соответствует возрасту, столбец – региону. В качестве новой суммы матрицы по строкам берутся возрастные численности прибывших в Россию, в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся сбалансированные общие числа прибывших. Верхнее ограничение отсутствует.

5. Подсчитывается население регионов на конец года  без учета смертности и эмиграции



6. Ряды- число умерших в году  по возрасту на начало года и полу подлежат балансировке при всех условиях.

6.1. Подсчитываются суммы .

6.2. Ряд  следующим образом балансируется к итогу по России , где .

6.3. Ряды- число умерших в году по возрасту на начало года балансируются с помощью вышеназванной процедуры «Процедура балансировки прямоугольных таблиц при возможном верхнем ограничении на элементы» для каждого пола отдельно. Строка балансируемой матрицы соответствует возрасту, столбец - региону. В качестве новой суммы матрицы по строкам берутся возрастные численности умерших по России , в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся сбалансированные общие числа умерших . Верхнее ограничение равно . Результат балансировки 

7. Подсчитывается население регионов на конец года  без учета эмиграции



8. Ряды  чисел выбывших из территории в году  по полу и возрасту подлежат балансировке при всех условиях. Сумма выбывших из всех регионов России по каждой возрастно-половой группе должна равняться числу прибывших во все регионы России плюс число прибывших в Россию минус число выбывших из России по данным общероссийского расчета. Соответствующий ряд обозначим



8.1. Подсчитываются суммы .

8.2. Ряд  следующим образом балансируется к итогу по России :

, где .

8.3. Ряды- числа выбывших из территории в году  по полу и возрасту на начало года балансируются с помощью «Процедуры балансировки прямоугольных таблиц при возможном верхнем ограничении на элементы» для каждого пола отдельно. Строка балансируемой матрицы соответствует возрасту, столбец – региону. В качестве новой суммы матрицы по строкам берутся возрастные численности , в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся сбалансированные общие числа выбывших. Верхнее ограничение равно . Результат балансировки

9. Окончательное увязанное население на конец года

.

Приложение 7

**Процедура расчета показателей таблиц смертности в году **

Данная процедура используется при региональном прогнозе, главное ее назначение – рассчитывать таблицы смертности по регионам после увязки прогнозных чисел умерших по регионам и России.

Она может быть применена для расчета таблиц смертности в базовом году по регионам и по России в целом, но надо учитывать, что этот расчет сопряжен с очень сильным выравниванием.

Входные показатели

 население региона  по полу и возрасту на начало лет , .

числа умерших в году в регионе  по полу и возрасту на начало года .

Ряд констант

, - логиты стандартных чисел живущих таблицы смертности.

константы для преобразования логитов вероятностей смерти

- ранее рассчитанные вероятности смертности за год по другим регионам. Предполагается вертикальная организация расчета от больших территорий к меньшим: Россия в целом, федеральные округа, республики, края, области, автономные округа.

Выходные показатели

 -[окончательные] возрастные вероятности смерти в году ;, для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

 - [окончательные] возрастные вероятности дожития в году , , где возраст «-1» означает родившихся в году ;

- ожидаемая продолжительность жизни при рождении в году 

Определение [окончательные] относится к ситуации собственно расчета прогноза по субъектам.

Расчет

1. Осуществляется переход от показателей по возрасту на начало года к показателям по возрасту на момент наступления событии.

и среднегодовое население

 

А также подсчитывается общее число умерших данного пола 

и численность населения обоего пола



Далее используются два разных алгоритма для случаев

и.

2. Если 

2.1. Суммированием по соответствующим возрастам осуществляется переход к возрастным группам  как в числах умерших, так и в данных о населении.

2.2. Рассчитываются коэффициенты смертности

Для возраста 0 лет, если и 

для других возрастов, если и ,

то

,

иначе





Если , то используется та же формула, но при этом если , то он принимается равным 0.294118

2.3. Рассчитываются вероятности смерти

Если , то

,

,

, 

Если , то соответствующая вероятность

, (А)

,

, 

2.4. Для каждого возраста рассчитываются основные функции таблицы смертности: числа доживающих и числа живущих .

В дальнейшем в формулах этого пункта символы опускаются.

Продолжительность жизни при рождении рассчитывается как

 (Б)

и

.

Далее для выравнивания показателей рассчитываются



и определяются параметры и 

Для мужчин  

Для женщин 

Выровненные числа доживающих для возрастов 0,…,120 определяются по формулам

.

Вероятности смерти рассчитываются как



Если ранее рассчитанная лежит в интервале , то , иначе , причем если окажется меньше 0.0005, то оно заменяется на 0.0005



Вместо вероятности смерти в возрасте 100 лет указывается коэффициент смертности.

2.5. Далее с помощью вышеописанной процедуры «*Процедура определения возрастных показателей смертности на основе ожидаемой продолжительности жизни и коэффициента младенческой смертности (по полу)*» вероятности несколько уточняются с тем, чтобы вероятность смерти и ожидаемая продолжительность жизни при рождении, соответствующие выходному ряду , в точности равнялись , определенным в формулах (А) и (Б). Одновременно в процедуре рассчитывается  - возрастные вероятности дожития в году , , где возраст «-1» означает родившихся в году .



3. Если.

Выбирается объемлющая территория  (), по которой расчет проведен.

Рассчитывается ряд



Далее с помощью итераций подбирается такой параметр , что таблица смертности, соответствующая логит-преобразованию ряда вероятностей смерти, равному



соответствовала общему числу умерших в населении, равному

Число умерших , соответствующее данному значению параметра  определяется следующим образом



Далее:





Итерации организуются следующим образом.

Первоначально и 

Сравнивается  и. Если абсолютная величина их разности больше 0.5, то

.

Следующий шаг итераций проводится при значении параметра .

В общем случае итерации продолжаются до тех пор пока 

Следующийи

,

где



Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в году  есть 

Процедура выполнена

 **П**риложение 8

**Процедура расчета показателей рождаемости в году **

Данная процедура используется при региональном прогнозе, главное ее назначение – рассчитывать показатели рождаемости по регионам после увязки прогнозных чисел родившихся субъектам и России.

Входные показатели

население региона по полу и возрасту на начало лет , .

числа родившихся обоих полов в году  в регионе  по возрастным группам матери.

При работе с данными статистики рождения до 15 лет следует включить в группу 15-19 лет, а после 50 – в группу 45-49 лет.

Выходные показатели

- ряд возрастных коэффициентов в году, , - номер возрастной группы

- суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году  в регионе ;

Возрастные группы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 |
|  | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|  | 19 | 24 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 |

Расчет

1. Суммированием по соответствующим возрастам осуществляется переход в данных о населении к возрастным группам 1-7.

2. Возрастной коэффициент рождаемости в группе равен



3. 

4. 

\_\_\_\_\_\_\_\_\_