

## 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 взаимосвязанных прогнозных расчетов на национальном и региональном уровнях



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

$t$  - год, для которого производится расчет,  $isex$  - пол,  $ireg$  - субъект.

Входные показатели

$q(0, t, 3, ireg)$  - коэффициент младенческой смертности для обоого пола,

$q(ia\text{ge}, t, isex, ireg)$ ,  $ia\text{ge} = 0$ ,  $isex = 3$ .

Выходные показатели

$q(0, t, isex, ireg)$ ,  $isex = 1, 2$  - коэффициент младенческой смертности мужчин и женщин

Расчет

$$Q(0, t, isex, ireg) = 1000 \cdot q(0, t, isex, ireg), isex = 3$$

$$Q(0, t, 1, ireg) = aM + bM \cdot Q(0, t, 3, ireg)$$

$$Q(0, t, 2, ireg) = aF + bF \cdot Q(0, t, 3, ireg) \quad ,$$

где

	$Q(0, t, 3, ireg)$	$Q(0, t, 3, ireg) \geq 10$	$5 < q(0, t, 3, ireg) < 10$
$aM$	0.16091	1.26673	$(Q0 - 5) / 5 \cdot 1.26673 + (1 - (Q0 - 5) / 5) \cdot 0.16091$
$bM$	1.10188	1.07841	$(Q0 - 5) / 5 \cdot 1.07841 + (1 - (Q0 - 5) / 5) \cdot 1.10188$
$aF$	-0.17762	-1.35423	$(Q0 - 5) / 5 \cdot -1.35423 + (1 - (Q0 - 5) / 5) \cdot -0.17762$
$bF$	0.89273	0.9184	$(Q0 - 5) / 5 \cdot 0.9184 + (1 - (Q0 - 5) / 5) \cdot 0.89273$

$$q(0, t, isex, ireg) = Q(0, t, isex, ireg) / 1000, isex = 1, 2$$

Процедура выполнена

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

$t$  - год, для которого производится расчет,  $isex$  - пол,  $ireg$  - субъект.

Входные показатели

Возрастные вероятности смерти, взятые в качестве базовой модели  $q(iage, -, isex, ireg)$ . При прогнозе берутся  $q(iage, t-1, isex, ireg)$  - возрастные вероятности смерти в предыдущем году  $t-1$ ,  $iage = 0, \dots, 100$ , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

$e_0(t, isex, ireg), q_0(0, t, isex, ireg)$  - прогнозируемые ожидаемая продолжительность жизни по полу  $isex$  и коэффициент младенческой смертности в году  $t$ ;

Ряды констант

$lgtS(iage, isex)$  константы для преобразования логитов вероятностей смерти

$$V(iage) = \begin{cases} 1 - 0.09 * iage, & iage < 12 \\ 0, & iage \geq 12 \end{cases} \quad \text{- вспомогательный ряд}$$

Выходные показатели

$q(iage, t, isex, ireg)$  - возрастные вероятности смерти в году  $t$ , по полу  $isex$  и возрасту  $iage = 0, \dots, 100$ , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности.

$PP(iage, t, isex, ireg)$  - возрастные вероятности дожития в году  $t$ , по полу  $isex$  и возрасту  $iage = -1, 0, \dots, 99$ , где возраст «-1» означает родившихся в году  $t$ ;

**Для упрощения в формулах опускается признак пола  $isex$  и региона  $ireg$ .**

Рассчитывается

$$lgt(iage, t-1) = 0.5 \cdot \ln(q(iage, t-1) / (1 - q(iage, t-1))), \quad iage = 0, \dots, 100$$

$lgt_0 = 0.5 \cdot \ln(q_0(t) / (1 - q_0(t)))$  (напомним  $q_0(t)$  - сценарное значение младенческой смертности).

Задача решается подбором параметров  $Par1$  и  $Par2$ , таких что ряд

$$lgt(iage, t) = lgt(iage, t-1) + (Par1 \cdot V(iage) + Par2 \cdot (1 - V(iage))) * lgtS(iage)$$

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

$$Par1 = (lgt_0 - lgt(0, t-1)) / lgtS(0)$$

Второй параметр  $Par2$  подбирается с помощью итераций, его значение при итерации  $Step$  обозначим  $Par2(Step)$

Первоначально (шаг итераций 0)  $Step = 0, Par2(Step) = 0$

На каждом шаге итерации, соответствующие  $Par1$  и  $Par2$  величины рассчитываются по формулам

$$q(iage, t) = \exp(2 \cdot \lg t(iage, t)) / (1 + \exp(2 \cdot \lg t(iage, t))), \quad iage = 0, \dots, 100;$$

$$l(0, t) = 1$$

$$l(iage, t) = l(iage - 1, t) \cdot (1 - q(iage - 1, t)), \quad iage = 1, \dots, 100;$$

Далее:

$$LL(0, t) = \frac{3.4 \cdot q(0, t)^2}{(\sqrt{((1 - 0.93 \cdot q(0, t))^2 + 6.8 \cdot q(0, t)^2)} \cdot (1 - 0.93 \cdot q(0, t)))}$$

$$LL(iage, t) = (l(iage, t) + l(iage + 1, t)) / 2 \quad iage = 1, \dots, 99$$

$$LL(100, t) = l(100) / q(100, t)$$

Наконец,

$$eee = \sum_0^{100} LL(iage, t)$$

Определяется разность  $D(Step) = eee - e0(t)$ ,

Задача считается решенной, если  $Abs(D(Step)) \leq 0.001$

На первом шаге итераций,  $Step = 1$ ,  $\Delta(Step) = -Sgn(D(Step))$ , на втором и последующем шагах  $Step = 2, \dots$

$$\Delta(Step) = \begin{cases} -0.5 * D(Step), & Sgn(D(Step)D(Step - 1)) < 0 \\ D(Step), & Sgn(D(Step)D(Step - 1)) > 0 \end{cases} ,$$

$$Par2(Step) = Par2(Step - 1) + \Delta(Step)$$

После завершения итераций рассчитывается ряд  $PP(iage, t)$  - возрастных вероятностей дожития в году  $t$ ,  $iage = -1, 0, \dots, 99$

$$PP(-1, t) = LL(0, t)$$

$$PP(iage, t) = LL(iage + 1, t) / LL(iage, t), \quad iage = 0, \dots, 98$$

$$PP(99, t) = LL(100, t) / (LL(99, t) + LL(100, t))$$

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

$t$  - год, для которого производится расчет,  $ireg$  - регион.

Входные показатели

$f(i, t-1, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в предыдущем году  $t-1$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$iage$	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49
$iage1$	15	20	25	30	35	40	45
$iage2$	19	24	29	34	39	44	49

$TFR(t, ireg), Xm(t, ireg)$  - прогнозируемые суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году  $t$ ;

Ряды констант

$lgtSF(i)$  константы для преобразования логитов коэффициентов рождаемости

Выходные показатели

$f(i, t, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в году  $t$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы.

Для упрощения в формулах признак региона  $ireg$  опускается

Рассчитывается

For  $i = 1, \dots, 7$

$$sf(i, t-1) = \frac{f(i, t-1)}{\sum_{i=1}^7 f(i, t-1)}$$

$$lgtF(i, t-1) = Ln(sf(i, t-1) / (1 - sf(i, t-1)))$$

Задача решается подбором параметра  $Par$ , такого, что ряд

$$lgtF(i, t) = lgtF(i, t-1) + Par * lgtSF(i)$$

будет соответствовать  $TFR(t, ireg), Xm(t, ireg)$  - прогнозируемые суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году  $t$ .

Задача решается итерационно. При  $Step = 0$  величина  $Par = 0$ .

При заданном  $Par$  величина  $Xm(t)$  определяется следующим образом

$$lgtF(i, t) = lgtF(i, t-1) + Par * lgtSF(i);$$

$$sf(i, t) = Exp(lgtF(i, t)) / (1 + lgtF(i, t));$$

$$XXX = \frac{\sum_{i=1}^7 sf(i, t) \cdot (12.5 + 5 \cdot i)}{\sum_{i=1}^7 sf(i, t)} ;$$

Определяется разность  $D(Step) = XXX - Xm(t)$ ,

Задача считается решенной, если  $Abs(D(Step)) \leq 0.001$

На первом шаге итераций,  $Step = 1$ ,  $\Delta(Step) = -Sgn(D(Step))$ , на втором и последующем шагах  $Step = 2, \dots$

$$\Delta(Step) = \begin{cases} -0.5 * D(Step), & Sgn(D(Step)D(Step - 1)) < 0 \\ D(Step), & Sgn(D(Step)D(Step - 1)) > 0 \end{cases} ,$$

$$Par(Step) = Par(Step - 1) + \Delta(Step)$$

После завершения итераций рассчитывается ряд

$$f(i, t) = TFR(t) \cdot \frac{sf(i, t)}{\sum_{i=1}^7 sf(i, t)} \cdot 200$$

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

Входные показатели

$S0(x, t, T, s, r)$  население региона  $r$  в момент времени  $t$  без учета миграции в году  $T$ , ( $T = 1$  - на начало,  $T = 2$  - на конец года) по возрасту  $x$  и полу  $s$ .

$Mi(t, r, y)$  - сценарное число прибывших в территорию  $r$  в году  $t$  и типу миграции  $y$ , при расчете по России присутствуют два типа миграции,  $y = 1$  миграция из населения с возрастной структурой, похожей на население России,  $y = 2$  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой (при расчете по регионам вся миграция относится к первому типу).

$Mo(t, r)$  - сценарное число выбывших из территории  $r$  в году  $t$ ;

$S(x, \tau, s, r)$  - население региона  $r$  в момент времени  $\tau < t$  по возрасту  $x$  и полу  $s$ .

$M_1(x, \tau, s, r, y)$  - число прибывших в территорию  $r$  в году  $\tau < t$  по полу и возрасту. При расчете по России присутствуют два типа миграции,  $y = 1$  миграция из населения с возрастной структуры, похожей на население России,  $y = 2$  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой. Считается, что вся миграция базового года относится к первому типу.

$M_2(x, \tau, s, r)$  - число выбывших из территории  $r$  в году  $\tau < t$  по полу и возрасту.

Ряды констант

При расчете по России  $SM(x, s, r)$  - структура миграции второго типа.

При расчете по регионам:

$SM0(x, s)$  - стандартная структура прибывших;

$OM(x, s)$  - стандартная интенсивность выбытия.

Выходные показатели

$S1(x, t_0, T, s, r)$  население региона  $r$  в момент времени  $t_0$  с учетом миграции в году  $T$ , ( $T = 1$  - на начало,  $T = 2$  - на конец года) по возрасту  $x$  и полу  $s$ .

$M_1(x, t, T, s, r, y)$  - число прибывших в территорию  $r$  в году  $T$ , ( $T = 1$  - на начало,  $T = 2$  - на конец года) по возрасту  $x$  и полу  $s$ .

$M_2(x, t, T, s, r)$  - число выбывших из территории  $r$  в году  $T$  ( $T = 1$  - на начало,  $T = 2$  - на конец года) по возрасту  $x$  и полу  $s$ .

Алгоритм расчета включает в себя следующие этапы:

1. Определяются числа выбывших по полу и возрасту

1.1. выбирается такое максимальное  $\tau$ ,  $t_{base} \leq \tau < t$ , что  $\sum_{x,s} M_2(x, \tau, s, r) > 0$ ,

1.2. Для года  $\tau$  рассчитывается среднегодовое население

$\bar{S}(x, \tau, s, r) = 0.5 \cdot (S(x, \tau, s, r) + S(x, \tau + 1, s, r))$  и числа выбывших мигрантов по возрасту на момент переезда

$$\bar{M}_2(x, \tau, s, r) = 0.5 \cdot (M_2(x - 1, \tau, s, r) + M_2(x, \tau, s, r)), \quad x = 0, \dots, 99$$

$$\bar{M}_2(x, \tau, s, r) = 0.5 \cdot M_2(100, \tau, s, r), \quad x = 100$$

1.3. Если  $\tau$  существует, то

$$M_2(x,t,T,s,r) = \frac{Mo(t,r)}{2} \frac{\overline{M_2(x,\tau,s,r)} S0(x,t,T,s,r)}{\sum_{x,s} \frac{\overline{M_2(x,\tau,s,r)} S0(x,t,T,s,r)}{S(x,\tau,s,r)}}$$

иначе

$$M_2(x,t,T,s,r) = \frac{Mo(t,r)}{2} \frac{OM(x,s) \cdot S0(x,t,T,s,r)}{\sum_{x,s} OM(x,s) \cdot S0(x,t,T,s,r)}$$

2. Определяются числа прибывших (по России – миграция первого типа  $y = 1$ ) по полу и возрасту

2.1. выбирается такое максимальное  $\tau$ ,  $t_{base} \leq \tau < t$ , что  $\sum_{x,s} M_1(x,\tau,s,r,1) > 0$ ,

2.2. Для года  $\tau$  рассчитывается среднегодовое население

$\overline{S}(x,\tau,s,r) = 0.5 \cdot (S(x,\tau,s,r) + S(x,\tau+1,s,r))$  и числа прибывших мигрантов по возрасту

на момент переезда

$$\overline{M_1}(x,\tau,s,r,1) = 0.5 \cdot (M_1(x-1,\tau,s,r,1) + M_1(x,\tau,s,r,1)), \quad x = 0, \dots, 99$$

$$\overline{M_1}(x,\tau,s,r,1) = 0.5 \cdot M_1(100,\tau,s,r,1), \quad x = 100$$

2.3. Если  $\tau$  существует, то

$$M_1(x,t,T,s,r,1) = \frac{Mi(t,r,1)}{2} \frac{\overline{M_1}(x,\tau,s,r,1) S0(x,t,T,s,r)}{\sum_{x,s} \frac{\overline{M_1}(x,\tau,s,r,1) S0(x,t,T,s,r)}{S(x,\tau,s,r)}}$$

иначе

$$M_1(x,t,T,s,r,1) = \frac{M(t,r,1)}{2} \frac{SM0(x,s)}{\sum_{x,s} SM0(x,s)}$$

3. Определяются числа прибывших второго типа  $y = 2$  только по России по полу и возрасту

$$M_1(x,t,T,s,r,2) = \frac{M(t,r,2)}{2} \frac{SM(x,s)}{\sum_{x,s} SM(x,s)}$$

По регионам предполагается, что  $M_1(x,t,T,s,r,2) = 0$ . Содержательно это означает, что миграция второго типа объединена с миграцией первого типа.

4. Расчет населения с учетом миграции

$$S1(x,t_0,T,s,r) = S0(x,t_0,T,s,r) + M_1(x,t,T,s,r,1) + M_1(x,t,T,s,r,2) - M_2(x,t,T,s,r)$$

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

$t$  - год, для которого производится расчет,  $isex$  - пол,  $ireg$  - субъект.

Входные показатели

*Сценарные переменные*

$TFR(t, ireg), Xm(t, ireg)$  - суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году  $t$ ;

$e0(t, isex, ireg), q(0, t, isex, ireg)$  - ожидаемая продолжительность жизни и коэффициент младенческой смертности в году  $t$ ;

$InMigrTot(t, ireg, Type)$  - число прибывших в территорию  $ireg$  в году  $t$  и типу  $Type$ , при расчете по России присутствуют два типа миграции,  $Type = 1$  миграция из населения с возрастной структуры, похожей на население России,  $Type = 2$  миграция из населения с иной (более молодой) возрастной структурой, при расчете по регионам вся миграция относится к первому типу.

$OutMigrTot(t, ireg)$  - сценарное число выбывших в территорию  $ireg$  в году  $t$ ;

$\delta(ireg)$  - доля девочек среди новорожденных.

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

$Popul(iage, t, isex, ireg)$  - население региона  $ireg$  на начало года  $t$  по возрасту  $iage$  и полу  $isex$ .

$f(i, t-1, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в предыдущем году  $t-1$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы.

$q(iage, t-1, isex, ireg)$  - возрастные вероятности смерти в предыдущем году  $t-1$ , по полу  $isex$ , и возрасту  $iage = 0, \dots, 100$ , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

$InMigr(iage, t-1, isex, ireg, Type)$  - число прибывших в территорию  $ireg$  в году  $t-1$  по полу и возрасту и типу.

$OutMigr(iage, t-1, isex, ireg)$  - число выбывших из территории  $ireg$  в году  $t-1$  по полу и возрасту.

*Данные предыдущих расчетов от базового года до года  $t-1$*

$Popul(iage, \tau, isex, ireg)$  - население региона  $ireg$  в момент времени  $\tau < t-1$  по возрасту  $iage$  и полу  $isex$ .

$InMigr(iage, \tau, isex, ireg, Type)$  - число прибывших в территорию  $ireg$  в году  $\tau < t-1$  по полу и возрасту и типу.

$OutMigr(iage, \tau, isex, ireg)$  - число выбывших из территории  $ireg$  в году  $\tau < t-1$  по полу и возрасту.

Ряды констант

$lgtSF(i)$  константы для преобразования логитов коэффициентов рождаемости

$lgtS(iage, isex)$  константы для преобразования логитов вероятностей смерти

$lgtSl(iage, isex)$ ,  $iage = 1, \dots, 120$  - логиты стандартных чисел живущих таблицы смертности.

$$V(iage) = \begin{cases} 1 - 0.09 * iage, & iage < 12 \\ 0, & iage \geq 12 \end{cases} \text{ - вспомогательный ряд}$$

[при расчете по России]  $StrInMigr2(iage, isex, ireg)$  - структура миграции второго типа.

$StrInMigr0(iage, isex)$  - стандартная структура прибывших;

$IntOutMigr0(iage, isex)$  - стандартная интенсивность выбытия.

### Выходные показатели

$Popul(iage, t + 1, isex, ireg)$  - население региона  $ireg$  на начало года  $t + 1$  по возрасту  $iage$  и полу  $isex$ .

$f(i, t, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в году  $t$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы.

$q(iage, t, isex, ireg)$  - ряд возрастных вероятностей смерти в году  $t$  по полу  $isex$  и возрасту  $iage = 0, \dots, 100$ , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

$B(i, t, 3, ireg)$  - число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе  $i$  в году  $t$ ;

$B(\cdot, t, isex, ireg)$  - общее число родившихся по полу в году  $t$ ;

$Death(iage, t, isex, ireg)$  - число умерших в году  $t$  по возрасту на начало года и полу;

$InMigr(iage, t, isex, ireg, Type)$  - число прибывших в территорию  $ireg$  в году  $t$  по полу, возрасту и типу.

$OutMigr(iage, t, isex, ireg)$  - число выбывших из территории  $ireg$  в году  $t$  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

$f(i, t, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в году  $t$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы.

$q(iage, t, isex, ireg)$  - ряд возрастных вероятностей смерти в году  $t$ , по полу  $isex$  и возрасту  $iage = 0, \dots, 100$  для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

$PP(iage, t, isex, ireg)$  - ряд возрастных вероятностей дожития в году  $t$ , по полу  $isex$ , и возрасту  $iage = -1, 0, \dots, 99$ , где возраст «-1» означает родившихся в году  $t$ ;

3. Население на конец года без учета миграции  $Popul0(iage, t, 2, isex, ireg)$  определяется по формулам

$$Popul0(iage, t, 2, isex, ireg) = Popul1(iage - 1, t, 1, isex, ireg) \cdot PP(iage - 1, t, isex, ireg),$$

$$iage = 1, \dots, 99$$

$$Popul0(100, t, 2, isex, ireg) =$$

$$= (Popul1(99, t, 1, isex, ireg) + Popul1(100, t, 1, isex, ireg)) \cdot PP(99, t, isex, ireg)$$

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

$$B(i, t, 3, ireg) = f(i, t, ireg) \cdot \sum_{iage=iage1}^{iage2} \frac{Popul1(iage, t, 1, 2, ireg) + Popul0(iage + 1, t, 2, 2, ireg)}{2}$$

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$iage1$	15	20	25	30	35	40	45
$iage2$	19	24	29	34	39	44	49

Общее число родившихся по полу в году  $t$  равно:

$$\text{для девочек } B(\cdot, t, 2, ireg) = B(\cdot, t, 3, ireg) \cdot \delta(ireg)$$

$$\text{и для мальчиков } B(\cdot, t, 1, ireg) = B(\cdot, t, 3, ireg) - B(\cdot, t, 2, ireg).$$

$$Popul0(0, t, 2, isex, ireg) = B(\cdot, t, isex, ireg) \cdot PP(-1, t, isex, ireg)$$

4. Окончательное население на начало года  $t + 1$  определяется с помощью процедуры «Процедура определения чисел мигрантов по полу и возрасту в момент (начало или конец года) и расчет населения с учетом миграции»

$$Popul(iage, t + 1, isex, ireg) = Popul1(iage, t, 2, isex, ireg)$$

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

$$InMigr(-1, t, isex, ireg, Type) = InMigr(-1, t, 2, isex, ireg, Type)$$

$$InMigr(iage, t, isex, ireg, Type) =$$

$$= InMigr(iage, t, 1, isex, ireg, Type) + InMigr(iage, t, 2, isex, ireg, Type),$$

$$iage = 0, \dots, 98;$$

$$InMigr(99, t, isex, ireg, Type) = InMigr(99, t, 1, isex, ireg, Type) +$$

$$+ InMigr(100, t, 1, isex, ireg, Type) + InMigr(99, t, 2, isex, ireg, Type)$$

$$OutMigr(-1, t, isex, ireg, Type) = OutMigr(-1, t, 2, isex, ireg, Type),$$

$$OutMigr(iage, t, isex, ireg, Type) =$$

$$= OutMigr(iage, t, 1, isex, ireg, Type) + OutMigr(iage, t, 2, isex, ireg, Type),$$

$$iage = 0, \dots, 98;$$

$$OutMigr(99, t, isex, ireg, Type) = OutMigr(99, t, 1, isex, ireg, Type) +$$

$$+ OutMigr(100, t, 1, isex, ireg, Type) + OutMigr(99, t, 2, isex, ireg, Type)$$

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

$$Death(-1, t, isex, ireg) = B(\cdot, t, isex, ireg) \cdot (1 - PP(-1, t, isex, ireg))$$

$$Death(iage, t, isex, ireg) = Popul1(iage, t, 1, isex, ireg) \cdot (1 - PP(iage, t, isex, ireg)),$$

$$iage = 0, \dots, 98$$

$$Death(99, t, isex, ireg) = (Popul1(99, t, 1, isex, ireg) + Popul1(100, t, 1, isex, ireg)) \cdot (1 - PP(iage, t, isex, ireg))$$

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

Балансировке подлежат следующие показатели:

- 1)  $B(\cdot, t, 3, r)$  - общее число родившихся обоюбого пола в году  $t$ ;
- 2)  $B(\cdot, t, s, r)$  - общее число родившихся по полу в году  $t$ ;
- 3)  $B(i, t, 3, r)$  - число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе  $i$  в году  $t$ ;
- 4)  $M_1(x, t, s, r, y)$  - число прибывших в территорию  $r$  в году  $t$  по полу, возрасту и типу;
- 5)  $D(x, t, s, r)$  - число умерших в году  $t$  по возрасту на начало года и полу;
- 6)  $M_2(x, t, s, r)$  - число выбывших из территории  $r$  в году  $t$  по полу и возрасту.

Пусть  $r = 1, \dots, Nr$  - основной перечень регионов. Допустим, что  $Nk$  регионов  $r_k, k = 1, \dots, Nk$  содержат внутри себя другие субъекты Российской Федерации. Необходимо пересчитать возрастные численности населения на начало года  $t$   $S(x, t, s, r)$  и все подлежащие балансировке ряды с тем, чтобы все регионы стали независимы друг от друга, т.е. вычтем из данных по регионам  $r_k, k = 1, \dots, Nk$  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 -  $\underline{r} = 1, \dots, Nr$ .  $\underline{r} = 0$  - Россия.

1. Общее число родившихся обоюбого пола балансируется следующим образом:

$B^B(\cdot, t, 3, \underline{r}) = B(\cdot, t, 3, \underline{r}) \cdot RR$ , где индекс <sup>B</sup> отличает сбалансированный ряд от несбалансированного, а  $RR = \frac{B(\cdot, t, 3, 0)}{\sum_{\underline{r}} B(\cdot, t, 3, \underline{r})}$

2.  $B(\cdot, t, s, \underline{r})$  - 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.  $B(i, t, 3, \underline{r})$  - число родившихся обоих полов у женщин в возрастной группе  $i$  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.  $M_1(x, t, s, \underline{r}, 1)$  - число прибывших в территорию  $\underline{r}$  в году  $t$  по полу, возрасту и типу. Для каждого пола подсчитывается сумма  $\sum_{\underline{r}} M_1(x, t, s, \underline{r}, 1)$ . Если эта сумма больше или равна

$M_1(x, t, s, 0) = M_1(x, t, s, 0, 1) + M_1(x, t, s, 0, 2)$ , то балансировка не требуется.

В другом случае

4.1. Подсчитываются суммы  $M_1(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = \sum_x M_1(x, t, s, \underline{r}, 1)$ .

4.2. Ряд  $M_1(\cdot, t, s, \underline{r}, 1)$  следующим образом балансируется к итогу по России

$$M_1^B(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = M_1(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) \cdot RR, \text{ где } RR = \frac{M_1(\cdot, t, s, 0)}{\sum_{\underline{r}} M_1(\cdot, t, s, \underline{r}, 1)}.$$

4.3. Ряд  $M_1(x, t, s, \underline{r}, 1)$  - число прибывших в территорию  $\underline{r}$  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  $M_1^B(\cdot, t, s, \underline{r}, 1)$ . Верхнее ограничение отсутствует.

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

$$S^1(x+1, t+1, s, \underline{r}) = S(x, t, s, \underline{r}) + M_1^B(x, t, s, \underline{r}, 1), x = 0, \dots, 99;$$

$$S^1(0, t+1, s, \underline{r}) = B^B(t, s, \underline{r}) + M_1^B(-1, t, s, \underline{r}, 1), x+1 = 0;$$

$$S^1(100, t+1, s, \underline{r}) = S(99, t, s, \underline{r}) + S(100, t, s, \underline{r}) + M_1^B(99, t, i, \underline{r}, 1) + M_1^B(100, t, s, \underline{r}, 1), x+1 = 100;$$

6. Ряды  $D(x, t, s, r)$  - число умерших в году  $t$  по возрасту на начало года и полу подлежат балансировке при всех условиях.

$$6.1. \text{ Подсчитываются суммы } D(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = \sum_x D(x, t, s, \underline{r}).$$

6.2. Ряд  $D(\cdot, t, s, \underline{r}, 1)$  следующим образом балансируется к итогу по России

$$D^B(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = D(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) \cdot RR, \text{ где } RR = \frac{D(\cdot, t, s, 0)}{\sum_{\underline{r}} D(\cdot, t, s, \underline{r})}.$$

6.3. Ряды  $D(x, t, s, r)$  - число умерших в году  $t$  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  $D(x, t, s, 0)$ , в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся сбалансированные общие числа умерших  $D^B(\cdot, t, s, \underline{r})$ . Верхнее ограничение равно  $S^1(x+1, t+1, s, \underline{r})$ . Результат балансировки  $D^B(x, t, s, \underline{r})$

7. Подсчитывается население регионов на конец года  $t$  без учета эмиграции

$$S^2(x+1, t+1, s, \underline{r}) = S^1(x+1, t+1, s, \underline{r}) - D^B(x, t, s, \underline{r})$$

8. Ряды  $M_2(x, t, s, r)$  чисел выбывших из территории  $r$  в году  $t$  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

$$M_2^0(x, t, s) = M_1(x, t, s, 0) - M_2(x, t, s, 0) + \sum_{\underline{r}} M_1^B(x, t, s, \underline{r}, 1)$$

$$8.1. \text{ Подсчитываются суммы } M_2(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = \sum_{\text{iage}} M_2(x, t, s, \underline{r}).$$

8.2. Ряд  $M_2(\cdot, t, s, \underline{r}, 1)$  следующим образом балансируется к итогу по России  $M_2(\bullet, t, s, 0)$ :

$$M_2^B(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) = M_2(\cdot, t, s, \underline{r}, 1) \cdot RR, \text{ где } RR = \frac{M_2(\bullet, t, s, 0)}{\sum_{\underline{r}} M_2(\bullet, t, s, \underline{r})}.$$

8.3. Ряды  $M_2(x, t, s, r)$  - числа выбывших из территории  $r$  в году  $t$  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  $M_2(x, t, s, 0)$ , в качестве новой суммы матрицы по столбцам берутся сбалансированные общие числа выбывших  $M_2^B(\cdot, t, s, r)$ . Верхнее ограничение равно  $S^2(x+1, t+1, s, r)$ . Результат балансировки  $M_2^B(x, t, s, r)$

9. Окончательное увязанное население на конец года

$$S(x+1, t+1, s, r) = S^2(x+1, t+1, s, r) - M_2^B(x, t, s, r).$$

### Процедура расчета показателей таблиц смертности в году $t$

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 выравнением.

#### Входные показатели

$Popul(iage, t, isex, ireg)$ ,  $Popul(iage, t + 1, isex, ireg)$  население региона  $ireg$  по полу и возрасту на начало лет  $t$ ,  $t + 1$ .

$Death(iage, t, isex, ireg)$  числа умерших в году  $t$  в регионе  $ireg$  по полу и возрасту на начало года  $t$ .

#### Ряд констант

$lgtSl(iage, isex)$ ,  $iage = 1, \dots, 120$  - логиты стандартных чисел живущих таблицы смертности.

$lgtS(iage, isex)$  константы для преобразования логитов вероятностей смерти

$q(iage, t, isex, ireg)$  - ранее рассчитанные вероятности смертности за год  $t$  по другим регионам. Предполагается вертикальная организация расчета от больших территорий к меньшим: Россия в целом, федеральные округа, республики, края, области, автономные округа.

#### Выходные показатели

$q(iage, t, isex, ireg)$  - [окончательные] возрастные вероятности смерти в году  $t$ ;  $iage = 0, \dots, 100$ , для возраста 100 лет указывается возрастной коэффициент смертности;

$PP(iage, t, isex, ireg)$  - [окончательные] возрастные вероятности дожития в году  $t$ ,  $iage = -1, 0, \dots, 99$ , где возраст «-1» означает родившихся в году  $t$ ;

$e0(t, isex, ireg)$  - ожидаемая продолжительность жизни при рождении в году  $t$

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 события.

$$\overline{Death}(iage, t, isex, ireg) = (Death(iage, t, isex, ireg) + Death(iage + 1, t, isex, ireg)) / 2, \quad iage = 2, \dots, 98$$

$$\overline{Death}(0, t, isex, ireg) = Death(0, t, isex, ireg) + 0.666 * Death(1, t, isex, ireg)$$

$$\overline{Death}(1, t, isex, ireg) = 0.334 * Death(1, t, isex, ireg) + 0.5 * DeathY(2, t, isex, ireg)$$

$$\overline{Death}(100, t, isex, ireg) = DeathY(100, t, isex, ireg) / 2$$

и среднегодовое население

$$\overline{Popul}(iage, t, isex, ireg) = (Popul(iage, t, isex, ireg) + Popul(iage, t + 1, isex, ireg)) / 2$$

$$iage = 0, \dots, 100 +$$

А также подсчитывается общее число умерших данного пола

$$Death(\cdot, t, isex, ireg) = \sum_{iage} Death(iage, t, isex, ireg)$$

и численность населения обоего пола

$$PopSex = \sum_{iAge, isex} \overline{Popul}(iAge, t, isex, ireg)$$

Далее используются два разных алгоритма для случаев  $PopSex > 20000$  и  $PopSex \leq 20000$ .

2. Если  $PopSex > 20000$

2.1. Суммированием по соответствующим возрастам осуществляется переход к возрастным группам  $iA = 0, 1-4, 5-9, \dots, 80-84, 85+$  как в числах умерших, так и в данных о населении.

2.2. Рассчитываются коэффициенты смертности

Для возраста 0 лет, если  $\overline{Death}(iA, t, isex, ireg) > 0.1$  и  $\overline{Popul}(iA, isex, iY, ireg) > 0.1$  для других возрастов, если  $\overline{Death}(iA, t, isex, ireg) > 0$  и  $\overline{Popul}(iA, isex, iY, ireg) > 0.1$ , то

$$mx(iA, t, isex, ireg) = \frac{\overline{Death}(iA, t, isex, ireg)}{\overline{Popul}(iA, t, isex, ireg)},$$

иначе

$$mx(iA, t, isex, ireg) = 0.0000001$$

$$iA = 0, 1-4, 5-9, \dots, 80-84.$$

Если  $iA = 85+$ , то используется та же формула, но при этом если  $mx(iA, t, isex, ireg) < 0.294118$ , то он принимается равным 0.294118

2.3. Рассчитываются вероятности смерти

Если  $mx(iA, t, isex, ireg) < 0.4$ , то

$$qx(0, t, isex, ireg) = \frac{mx(0, t, isex, ireg)}{(1 + (1 - (0.07 + 1.7 * mx(0, t, isex, ireg))) * mx(0, t, isex, ireg)},$$

$$qx(1-4, t, isex, ireg) = 4 \cdot mx(1-4, t, isex, ireg) / (1 + 2.4 \cdot mx(1-4, t, isex, ireg)),$$

$$qx(iA, t, isex, ireg) = 5 \cdot mx(iA, t, isex, ireg) / (1 + 2.5 \cdot mx(iA, t, isex, ireg)),$$

$iA = 5-9, \dots, 80-84$

Если  $mx(iA, t, isex, ireg) \geq 0.4$ , то соответствующая вероятность

$$qx(0, t, isex, ireg) = 1 - \exp(-mx(0, t, isex, ireg)), \quad (A)$$

$$qx(1-4, t, isex, ireg) = 1 - \exp(-4 \cdot mx(1-4, t, isex, ireg)),$$

$$qx(iA, t, isex, ireg) = 1 - \exp(-5 \cdot mx(iA, t, isex, ireg)), \quad iA = 5-9, \dots, 80-84$$

2.4. Для каждого возраста рассчитываются основные функции таблицы смертности: числа доживающих  $l(iA, t, isex, ireg)$  и числа живущих  $LL(iA, t, isex, ireg)$ .

В дальнейшем в формулах этого пункта символы  $t, isex, ireg$  опускаются.

$$l(0) = 1$$

$$LL(0) = qx(0) / (-(1 - 0.93 * qx(0)) + \sqrt{((1 - 0.93 * qx(0))^2 + 4 * 1.7 * qx(0) * qx(0))}) / 3.4 / qx(0)$$

$$l(1) = 1 - qx(0)$$

$$l(5) = l(1) * (1 - qx(1))$$

$$LL(1) = 4 * l(5) + (l(1) - l(5)) * 1.6$$

$$l(iA + 5) = l(iA) * (1 - qx(iA))$$

$$LL(iA) = 2.5 * (l(iA) + l(iA + 5))$$

$$LL(85+) = l(85+) / mx(85+)$$

Продолжительность жизни при рождении рассчитывается как

$$e(0) = \sum_{iA} LL(iA) \quad (Б)$$

и

$$lgtl(iage) = \ln((1 - l(iage)) / l(iage)), iage = 1, 5, 10, \dots, 85.$$

Далее для выравнивания показателей рассчитываются

$$SS1 = \sum_{iage=1,5,10,\dots,85} lgtl(iage)$$

$$SS2 = \sum_{iage=1,5,10,\dots,85} lgtl(iage) * lgtSl(iage)$$

и определяются параметры  $Par1$  и  $Par2$

$$\text{Для мужчин } isex = 1 \quad Par1 = 0.075744 \cdot SS1 + 0.015323 \cdot SS2$$

$$Par2 = 0.015323 \cdot SS1 + 0.01163 \cdot SS2$$

$$\text{Для женщин } isex = 2 \quad Par1 = 0.157053 \cdot SS1 + 0.0433 \cdot SS2$$

$$Par2 = 0.0433 \cdot SS1 + 0.018472 \cdot SS2$$

Выровненные числа доживающих для возрастов  $0, \dots, 120$  определяются по формулам

$$\hat{l}(0) = 1$$

$$\hat{l}(iage) = 1 / (1 + \exp(Par1 + Par2 * lgtSl(iage))), iage = 1, \dots, 120$$

Вероятности смерти рассчитываются как

$$\hat{q}(iage) = (\hat{l}(iage) - \hat{l}(iage + 1)) / \hat{l}(iage), iage = 1, \dots, 99$$

Если ранее рассчитанная лежит в интервале  $0.002 \leq qx(0) \leq 0.09$ , то  $\hat{q}(0) = qx(0)$ , иначе  $\hat{q}(0) = (1 - \hat{l}(1))$ , причем если  $\hat{q}(0)$  окажется меньше 0.0005, то оно заменяется на 0.0005

$$\hat{q}(100) = \frac{2 \cdot \hat{l}(100)}{\sum_{iage=100}^{119} (\hat{l}(iage) + \hat{l}(iage + 1))}$$

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  $\hat{q}(iage)$  несколько уточняются с тем, чтобы вероятность смерти и ожидаемая продолжительность жизни при рождении, соответствующие

выходному ряду  $q(iage, t, isex, ireg)$ ,  $iage = 0, 1, \dots, 100$ , в точности равнялись  $q(0, t, isex, ireg)$ ,  $e(0, t, isex, ireg)$ , определенным в формулах (А) и (Б). Одновременно в процедуре рассчитывается  $PP(iage, t, isex, ireg)$  - возрастные вероятности дожития в году  $t$ ,  $iage = -1, 0, \dots, 99$ , где возраст «-1» означает родившихся в году  $t$ .

$$e_0(t, isex, ireg) = \sum_{iA} LL(iA)$$

3. Если  $PopSex \leq 20000$ .

Выбирается объемлющая территория  $ireg_0$  ( $PopSex > 20000$ ), по которой расчет проведен.

Рассчитывается ряд

$$lgt(iage, t, isex, ireg_0) = (1 - q(iage, t, isex, ireg_0)) / \ln(q(iage, t, isex, ireg_0)),$$

$$iage = 0, \dots, 100$$

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

$$lgt(iage, par) = lgt(iage, t, isex, ireg_0) - Par * lgtS(iage)$$

соответствовала общему числу умерших в населении, равному  $Death(\cdot, t, isex, ireg)$

Число умерших  $DDD(par)$ , соответствующее данному значению параметра  $par$  определяется следующим образом

$$q(iage, par) = 1 / (1 + \exp(2 \cdot lgt(iage, par))), \quad iage = 0, \dots, 100;$$

$$l(0, par) = 1$$

$$l(iage, par) = l(iage - 1, par) \cdot (1 - q(iage - 1, par)), \quad iage = 1, \dots, 100;$$

Далее:

$$LL(0, t) = \frac{3.4 * q(iage, par)^2}{(\sqrt{((1 - 0.93 * q(iage, par))^2 + 6.8 * q(iage, par)^2)} - (1 - 0.93 * q(iage, par)))}$$

$$LL(iage, par) = (l(iage, par) + l(iage + 1, par)) / 2, \quad iage = 1, \dots, 99$$

$$LL(100, t) = l(100) / q(100, t)$$

$$DDD(par) = \overline{Popul}(100, t, isex, , ireg) \cdot q(100, par) +$$

$$+ \sum_{iage=0}^{99} \frac{l(iage, par) - l(iage + 1, par)}{LL(iage, par)} \cdot \overline{Popul}(iage, t, isex, , ireg)$$

Итерации организуются следующим образом.

Первоначально  $par(0) = 0$  и  $Step(0) = 0$

Сравнивается  $Death(\cdot, t, isex, ireg)$  и  $DDD(0)$ . Если абсолютная величина их разности больше 0.5, то

$$Step(1) = \frac{Death(\cdot, t, isex, ireg) - DDD(0)}{Abs(Death(\cdot, t, isex, ireg) - DDD(0))} \cdot 10.$$

Следующий шаг итераций проводится при значении параметра  $par(1) = par(0) + Step(1)$ .

В общем случае итерации продолжаются до тех пор пока  $Abs(Death(\cdot, t, isex, ireg) - DDD(par(n))) > 0.5$

Следующий  $par(n+1) = par(n) + Step(n+1)$  и

$$Step(n+1) = \begin{cases} Step(n), v > 0 \\ \frac{Step(n)}{2}, v < 0 \end{cases},$$

где

$$v = (Death(\cdot, t, isex, ireg) - DDD(par(n))) \cdot (Death(\cdot, t, isex, ireg) - DDD(par(n-1)))$$

Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в году  $t$  есть

$$e0(t, isex, ireg) = \sum_{iage} LL(iage)$$

Процедура выполнена

### Процедура расчета показателей рождаемости в году $t$

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

#### Входные показатели

$Popul(iage, t, isex, ireg)$ ,  $Popul(iage, t + 1, isex, ireg)$  население региона  $ireg$  по полу и возрасту на начало лет  $t$ ,  $t + 1$ .

$B(i, t, 3, ireg)$  числа родившихся обоих полов в году  $t$  в регионе  $ireg$  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

$f(i, t, ireg)$  - ряд возрастных коэффициентов в году  $t$ ,  $i = 1, \dots, 7$ , - номер возрастной группы

$TFR(t, ireg)$ ,  $Xm(t, ireg)$  - суммарный коэффициент рождаемости и средний возраст матери при рождении ребенка в году  $t$  в регионе  $ireg$  ;

#### Возрастные группы

$i$	1	2	3	4	5	6	7
$iage$	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49
$iage1(i)$	15	20	25	30	35	40	45
$iage2(i)$	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  $i$  равен

$$f(i, t, ireg) = \frac{2 \cdot B(i, t, 3, ireg)}{Popul(i, t, 2, ireg) + Popul(i, t + 1, 2, ireg)}$$

3.  $TFR(t, ireg) = 5 \cdot \sum_i f(i, t, ireg)$

4.  $Xm(t, ireg) = \frac{\sum_i (iage1(i) + 2.5) f(i, t, ireg)}{\sum_i f(i, t, ireg)}$