

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 303.094.6

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСЕЛЕНИЯ И УРОВНИ ПРОГНОЗА

METHODOLOGICAL ISSUES OF POPULATION PROJECTIONS: POPULATION CHARACTERISTICS AND FORECASTING LEVELS

А.В. Смирнов
A.V. Smirnov

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН,
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, 26*

*Institute of Socio-Economic and Energy Problems of North, Komi Science Centre, Ural Branch of RAS,
26 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, 167982, Russia*

E-mail: av.smirnov.ru@gmail.com

Аннотация. В статье раскрыт ряд вопросов методологического характера, связанных с построением демографических прогнозов. Предложен набор характеристик населения, который позволяет повысить точность прогнозирования и учитывать качественный состав населения. Рассмотрены варианты реализации архитектуры моделей с точки зрения их иерархических уровней. Определены процессы, которые предпочтительней моделировать на микроуровне. Предложен механизм моделирования демографических событий и тенденций на индивидуальном уровне, дающий возможность с высокой степенью детализации формализовать демографическое поведение населения. Рассмотрена практическая реализация модели на примере демографического прогноза Республики Коми.

Resume. The article exposes some of the methodological issues associated with the development of population projections. The author proposes a set of population characteristics, which can improve the accuracy of forecasting, and take into account the qualitative composition of the population. The article lists the options for the implementation of model's architecture in terms of their hierarchical levels. The text lists the processes that are preferably modeling at the micro level. This article describes a method of modeling the demographic events and trends at the individual level, which makes it possible to formalize the demographic behavior of the population with a high degree of detail. We consider the practical implementation of the model on the example of the Komi Republic population projection.

Ключевые слова: демографические прогнозы, население, уровни, тенденции, миграция, образование.

Keywords: demographic projections, population, levels, trends, migration, education.

Введение

Под демографическим прогнозом будем понимать научно-обоснованную перспективную оценку численности и состава населения, параметров демографических процессов [Рыбаковский, 2003]. Прогнозы населения применяются в самых разных областях государственного и регионального управления, в маркетинговых исследованиях и страховании. Оценки будущей демографической ситуации крайне полезны при разработке любых программ социально-экономического развития, планировании в энергетике, транспорте производстве и сфере услуг.

При построении демографических прогнозов главенствующее место, начиная с сер. XX в., занимает когортно-компонентный метод (или метод передвижек), который стал дальнейшим развитием простых методов экстраполяции. Благодаря разделению демографической динамики на компоненты (рождаемость, смертность и миграция), а населения на когорты по полу и возрасту, метод позволил повысить точность и детализацию прогнозов, решать более широкий круг задач. Почти все современные методы демографического прогнозирования в той или иной степени основаны на когортно-компонентном методе.



Сегодня широко применяются методы статистического и компьютерного моделирования, которые расширяют возможности прогнозов. Они могут детально моделировать демографические структуры, брачный рынок, учитывать родственные связи между людьми, пространственное расположение населения. Некоторые модели принимают во внимание взаимовлияние демографических, социально-экономических и экологических процессов. Большое внимание уделяется моделированию демографического поведения населения, репродуктивным установкам и мотивам миграционных процессов.

Существующий методологический инструментарий демографического прогнозирования очень широк [O'Neill et al., 2001]. Тем не менее, многие аспекты построения прогнозов требуют дальнейшего теоретического осмысления и совершенствования. Рассмотрим некоторые из них.

Методология исследования

Важнейшим этапом при построении любого демографического прогноза является выбор набора характеристик населения, которые будут учитываться при прогнозировании. Две наиболее важные характеристики – пол и возраст человека. Они применяются почти во всех прогнозах. Учет половозрастной структуры населения позволяет избежать ошибок, свойственных наиболее ранним методам прогнозирования, а также делает прогноз более детальным. Современные прогнозы обычно используют 1-летние возрастные группы. Формирование информационной базы и техническая реализация прогнозов с такой степенью возрастной детализации не вызывает значительных трудностей.

Кроме двух вышеназванных характеристик рассмотрим характеристики еще четырех видов: пространственные, демографические, качественные и социально-экономические. Нас интересуют те характеристики, которые способны повысить точность прогноза и расширить его функциональные возможности без чрезмерного усложнения модели. Пространственные характеристики призваны отражать расположение населения в географическом или социальном пространстве. Степень детализации этого расположения зависит от целей прогноза. Модель может не содержать пространственных характеристик вообще, отражать только регион (район) проживания человека, включать населенный пункт или даже явно указывать географические координаты проживания человека [Фаттахов, 2013].

Наиболее важной пространственной характеристикой при построении демографического прогноза является тип поселения, в котором проживает человек (городское или сельское). Он позволяет прогнозировать темпы процессов урбанизации. Кроме того, наблюдается сильная корреляция вероятностей всех демографических событий (рождений, миграций, смертей) с типом поселения. В России на селе в среднем более высокая рождаемость, более низкая продолжительность жизни. Миграционные тенденции свидетельствуют о продолжающемся процессе урбанизации (повышение удельного веса городского населения в общей численности населения).

Кроме типа поселения, могут быть полезны характеристики, указывающие на конкретную область (район) проживания человека. Даже декомпозиция населения на еще один иерархический уровень (для прогноза государства это регионы, а для субъектов РФ – городские округа и районы) позволяет значительно расширить прогностические возможности модели. При этом необходимо учитывать, что каждый дополнительный уровень пространственной детализации населения требует существенного расширения информационной базы прогноза, а именно данных о пространственном размещении исходного населения вплоть до самого низкого из моделируемых уровней и о влиянии размещения на вероятности демографических событий.

Дополнительные демографические характеристики населения, которые могут применяться в прогнозах: брачный статус, родственные связи [Geard et al., 2013], номер домохозяйства, число детей. Моделирование брачного рынка связано с большими сложностями. Показатели брачности и разводимости плохо поддаются прогнозированию, а модели выбора партнера [Billari et al., 2007] обычно очень сложны и требуют существенной вычислительной мощности. Поэтому польза от отражения брачного статуса и всего многообразия возможных родственных связей не оправдывает такого радикального усложнения модели.

В этой связи более предпочтительна характеристика, отражающая число детей, рожденных женщиной. Знание числа рожденных женщиной детей позволяет моделировать очередность рождений (разные вероятности рождаемости для женщин с разным числом детей), что повышает точность прогноза рождаемости. Как правило, с ростом числа детей показатели рождаемости стремительно падают. Исключение составляет узкая социальная группа многодетных матерей. Данные об исходном распределении женщин по числу детей могут быть получены из итогов переписи населения.

К качественным характеристикам населения относят те из них, которые отражают способность населения к труду. Это уровень образования, квалификация, опыт работы, здоровье [Фаузер и др., 2007]. Здоровье и сфера здравоохранения плохо поддаются прогнозированию, так как подвержена влиянию социальных изменений, экономических кризисов. Отдельные аспекты здоровья населения иногда отражаются в демографических прогнозах. Например, прогнозы ряда международных орга-

низаций моделируют распространение в населении ВИЧ/СПИД [Pedercini, 2003]. Но определение интегрального показателя здоровья человека и, тем более, его прогнозирование сопряжено со многими трудностями. Тем не менее, будущие изменения в здоровье населения часто закладываются в прогноз в виде предположений об изменении продолжительности жизни населения.

Образовательные процессы более инертны. Сфера образования в целом консервативна. Поэтому включение в демографические прогнозы образовательных характеристик может быть оправдано сразу с нескольких позиций. Во-первых, образование также коррелирует с демографическими процессами, в особенности с миграционными. Образование является одной из наиболее распространенных причин миграции. Люди перемещаются для получения образования, для поиска работы после обучения, а также вместе с мигрировавшими по этой причине членами семьи. Согласно исследованиям, образование также влияет на репродуктивные установки и на продолжительность жизни человека (через более высокое качество жизни более образованных).

Существует и обратное влияние. Население является для сферы образования и поставщиком кадров и получателем образовательных услуг. Поэтому демографические прогнозы полезны для планирования в сфере образования. Взаимовлияние демографических и образовательных процессов настолько существенно, что некоторые исследователи считают долгосрочные демографические прогнозы, не учитывающие образование, не состоятельными [Lutz, 2011]. Важно также то, что учет образования в демографических прогнозах позволяет оценивать будущий образовательный потенциал общества и вклад в него различных групп населения. В современном обществе с низкой рождаемостью прирост трудового потенциала может быть обеспечен повышением образовательного уровня и квалификации существующего населения.

Существуют различные показатели, характеризующие уровень образования человека. Как правило, применяют оценки образовательных уровней в баллах с равномерным шагом или продолжительность обучения в годах [Римашевская и др., 2013]. Во втором случае трудность вызывает выбор последовательности образовательных уровней. С нашей точки зрения оптимальным является вариант, при котором уровни оцениваются по наиболее распространенной образовательной траектории. Так, если большинство поступающих на программы бакалавриата являются выпускниками школ со средним общим образованием, то бакалавриату должны соответствовать 15 лет обучения (4 года начального общего + 5 лет до основного общего + 2 года до среднего (полного) + 4 года бакалавриата). Для определения перспективного образовательного потенциала населения какой-либо территории можно использовать сумму образовательных уровней всех ее жителей в годах. За единицу измерения этого показателя можно принять человеко-годы.

Другая трудность при прогнозировании населения с учетом образовательных процессов состоит в том, что редко находят отражение в статистике программы дополнительного образования, курсы повышения квалификации, дистанционное обучение. Поэтому исследователям приходится ограничиваться основными образовательными ступенями: от отсутствия образования до высшего послевузовского образования. Возможно также прогнозирование динамики населения, имеющего ученые степени для оценки человеческого потенциала науки и образования территорий [Смирнов, 2015].

Социально-экономические характеристики населения включают доходы, материальный уровень жизни, наличие жилья, транспортных средств и многие другие. В некоторых прогнозах учитываются качество окружающей среды, наличие в районе проживания объектов инфраструктуры. Эти показатели обычно применяются в комплексных социально-экономических [Pedercini, 2003], а не демографических прогнозах. Их очень трудно прогнозировать на больших временных горизонтах. Поэтому мы не будем рассматривать социально-экономические характеристики. Однако они, как и в случае со здоровьем, могут быть отражены неявно в рамках заложенных в прогноз предположений о тенденциях пространственной мобильности населения.

В итоге предлагаемый набор включает шесть характеристик населения: пол, возраст, тип поселения, район (регион), число детей, образовательный уровень в годах. Этот набор позволяет строить долгосрочные демографические прогнозы с высокой степенью детализации результатов, учитывать качественную структуру населения и, при этом, не является избыточным. Этот набор может быть дополнен при наличии дополнительных требований к прогнозу.

Рассмотрим архитектуру моделей населения, которые применяются для построения демографических прогнозов с точки зрения их иерархических уровней, принципов моделирования демографических характеристик и событий. Демографическое событие – событие, происходящее с отдельным человеком, которое имеет значение для смены поколений людей, изменения численности и структуры населения [Рыбаковский, 2003]. К основным демографическим событиям относят рождение, старение, миграцию и смерть. Моделирование всех этих событий необходимо для прогнозирования демографических изменений.

Условно все демографические модели можно разделить на макроуровневые, микроуровневые и смешанные (комбинированные). Макроуровневые модели появились исторически раньше. Их характеризует то, что в них население представлено в агрегированном по тем или иным признакам виде. В самом простом случае дифференциация населения отсутствует даже по полу и возрасту, как в



известных моделях мировой динамики [Форрестер, 2003]. Но гораздо более распространены модели, в которых население группируется по половозрастному признаку. Это, например, широко распространенные матричные реализации когортно-компонентного метода.

В макромоделях динамика населения моделируется посредством изменения значений агрегированных показателей численностей когорт населения или других демографических характеристик. В микромоделях же она имитируется на уровне отдельных людей, каждый из которых задан явно набором своих характеристик (пола, возраста и др.). Демографическое событие (например, старение), изменяет не численность группы всех людей соответствующего возраста, а характеристику отдельного человека, которая отражает его возраст. Объединение значений показателей индивидов в интегральные происходит после моделирования всех событий за временной шаг, обычно соответствующий календарному году. Совокупность людей в микроуровневых моделях называют искусственными обществами [Макаров, 2006].

Этот подход в большей степени отражает поведение реального населения, так как демографические события всегда происходят с отдельными людьми. К преимуществам микромоделей можно отнести их способность моделировать более сложное демографическое поведение, взаимодействия между людьми, родственные связи. Модели микроуровня приспособлены к моделированию демографического поведения индивидов в условиях их ограниченной рациональности [Саймон, 1993] и неполноты информации. Помимо этого, микромодели позволяют формировать выборки населения по любому набору критериев, что упрощает обработку результатов прогнозов.

Основные недостатки микромоделей – зачастую большая сложность реализации и высокие требования к памяти и вычислительной мощности ЭВМ. Для того чтобы явно задать каждого человека из населения, состоящего из миллионов людей, и смоделировать все демографические события за несколько лет требуются значительные вычислительные ресурсы. При помощи масштабирования моделей можно добиться сокращения требований, но это приведет к потерям в точности прогноза.

Два наиболее распространенных класса моделей микроуровня: агент-ориентированные [Silverman et al., 2013] и микроимитационные [Волков, 2014] модели. Сложно провести четкие границы между двумя этими классами, но агент-ориентированные модели в большей степени нацелены на моделирование сложного демографического поведения и взаимодействий между алгоритмическими методами. Здесь могут использоваться функции предпочтений, моделироваться стимулы и мотивы поведения. Микроимитационные модели при прогнозировании динамики населения главным образом применяют статистические методы. Обычно это дискретно-событийное моделирование на основе эмпирических данных прошлых временных периодов.

Часто применяются комбинированные модели, которые сочетают в себе черты микро- и макроподходов [Староверов, 2006]. Например, рождаемость и смертность могут моделироваться на микроуровне, а на макроуровне реализуются процессы, которые оказывают влияние на все население. К таким процессам можно отнести изменение рождаемости и продолжительности жизни под влиянием миграционного перехода или иных социальных изменений, институциональные ограничения. При построении демографических прогнозов на микроуровне имеет смысл реализовывать процессы формирования исходного населения и моделирования демографических событий. На макроуровне происходит хранение информационной базы прогноза, агрегация статистики по всему населению или районам, реализация модельного времени и демографических тенденций.

Рассмотрим практическую реализацию многоуровневой модели населения с предложенным набором характеристик на примере демографического прогноза Республики Коми до 2050 г. Применение методики позволило впервые построить прогноз населения республики с декомпозицией на районный уровень и с учетом качественного состава будущего населения. Микроимитационная компьютерная модель реализована на языке программирования C#.

Точкой начала прогноза выбран 2010 г., в котором проходила Всероссийская перепись населения. Поэтому на этот год имеются наиболее точные и подробные статистические данные о населении, его половозрастном и образовательном составе, пространственном расположении. Шаг прогноза – один календарный год. Иерархически модель включает в себя три уровня: индивидуальный (микроуровень, более 900 тыс. человек), районный (20 городских округов и муниципальных районов) и региональный (население в целом).

Модель включает пять видов событий: рождение, старение, миграция (по направлениям), обучение (по образовательным уровням) и смерть. Годовые вероятности демографических событий определяются усреднением данных статистических бюллетеней за четыре года. Вероятности событий зависят от значений характеристик человека. Так, вероятность смерти зависит от пола, возраста и типа поселения, в котором живет человек. В табл. 1 приведены все зависимости между характеристиками населения и событиями модели. Знаком «+» отмечены пересечения события с теми характеристиками, которые влияют на вероятность соответствующего события.

Таблица 1
Table 1

Влияние характеристик населения на вероятности событий
The impact of population characteristics on the probability of events

		Характеристики населения					
		Пол	Возраст	Район	Город / село	Число детей	Образование
События	Рождение	+	+	-	+	+	-
	Старение	-	-	-	-	-	-
	Смерть	+	+	-	+	-	-
	Миграция	+	+	+	-	-	+
	Обучение	+	+	+	-	-	+

В случае если событие происходит, то его результат зависит от вида события. Рождение и иммиграция создают в модели нового человека. Возраст, образование и число детей новорожденного задаются равными нулю, а район проживания и тип поселения наследуются от матери. Пол определяется вероятностно (в Республике Коми на протяжении последних 10 лет доля мальчиков среди рожденных составляла 0.511). Все характеристики мигрантов определяются вероятностно на основе усредненных данных за четыре года. Эмиграция и смерть удаляют человека из модели, сохраняя всю статистику о нем на момент смерти (отъезда), что позволяет впоследствии анализировать состав умерших и покинувших регион жителей. Внутренняя миграция изменяет район и/или тип поселения человека. Старение повышает его возраст, а обучение – образовательный уровень.

Вероятности событий не могут оставаться неизменными на протяжении десятилетий. Поэтому при прогнозировании используют ряд методов определения будущих параметров рождаемости, смертности и миграционного движения населения. Они включают анализ временных рядов, экспертные оценки, метод аналогий (история демографического развития других территорий), демографические методы (например, опросы о репродуктивных и миграционных установках населения) и социально-экономические модели. Формулировкой таких гипотез занимаются многие международные организации, такие как Организация объединенных наций (ООН), Всемирный банк, Международный институт прикладного системного анализа и др.

В прогноз населения Республики Коми заложены шесть гипотез об изменении демографических и образовательных тенденций региона. Три из них связаны с демографией: постепенное повышение ожидаемой продолжительности жизни при рождении и суммарного коэффициента рождаемости согласно скорректированным оценкам ООН [UN Population division, 2014], инерционный миграционный сценарий. Три связаны со сферой образования: переход на двухуровневую систему высшего профессионального образования (ВПО), сокращение доли негосударственных учебных заведений в структуре ВПО и замещение среднего специального уровня образования прикладным бакалавриатом.

Результаты прогноза. Вычислительный эксперимент с моделью позволил получить детальный прогноз населения Республики Коми до 2050 г. Табл. 2 отражает динамику общей численности населения, населения по основным возрастным группам и среднего образовательного уровня населения республики. Трудоспособным считается возраст от 16 до 59 лет для мужчин и от 16 до 54 лет для женщин.

Согласно полученному прогнозу, общая численность населения Республики Коми уже к 2030 г. сократится на 20.2 п. п. относительно уровня 2010 г., а к 2050 г. – на 36.3%. Увеличение доли мужчин с 47.5% до 49.3% свидетельствует о тенденции к сокращению гендерных диспропорций. Продолжающиеся процессы урбанизации приведут к снижению доли сельского населения в общем населении региона с 23.0% в 2010 г. до 17.5% в 2050 г. Небольшой естественный прирост быстро сменится убылью, которая будет варьироваться в пределах от 1.5 до 2.5 тыс. человек в год. Миграционный отток будет более значительным на протяжении всего прогнозного периода. Сальдо миграции сократится с 11.0 до 4.4 тыс. человек в год под влиянием общей депопуляции региона. Наибольший вес в общей миграции занимает межрегиональная убыль, которая сократится с 11,9 до 5.0 тыс. чел. в год. Межрегиональное выбытие превосходит прибытие примерно вдвое. Международная миграция будет иметь положительное сальдо от 0.6 до 1,0 тыс. человек в год.



**Прогноз численности населения Республики Коми
по основным возрастным группам и среднего образовательного уровня до 2050 г.
Projection of the Komi Republic population on the main age groups and educational levels out to 2050**

Год	Общая численность населения, тыс. человек	Население в возрасте, тыс. человек			Средний образовательный уровень населения, лет обучения
		моложе трудоспособного	трудоспособном	старше трудоспособного	
2010	901.0	159.8	582.8	158.4	10.00
2015	854.2	165.9	508.8	179.5	9.99
2020	808.2	163.5	454.1	190.6	10.02
2025	763.0	153.0	421.0	189.0	10.14
2030	719.1	138.5	396.5	184.1	10.35
2035	678.5	129.4	368.0	181.1	10.50
2040	640.0	125.1	336.8	178.1	10.55
2045	605.3	121.4	310.7	173.2	10.56
2050	574.3	116.5	294.9	162.9	10.57

Интересны перспективы изменения возрастного состава населения. Доля населения региона трудоспособного возраста к 2050 г. сократится с 64.7% до 51.3%. Доля молодой возрастной группы вырастет с 17.7% до 20.3%. Наконец, вклад пенсионеров в общую численность населения увеличится наиболее заметно (с 17.6% до 28.4%) под влиянием роста продолжительности жизни и миграционной убыли трудоспособного населения. Столь радикальное изменение возрастного состава не может не привести к значительному росту демографической нагрузки на трудоспособное население (рис. 1).

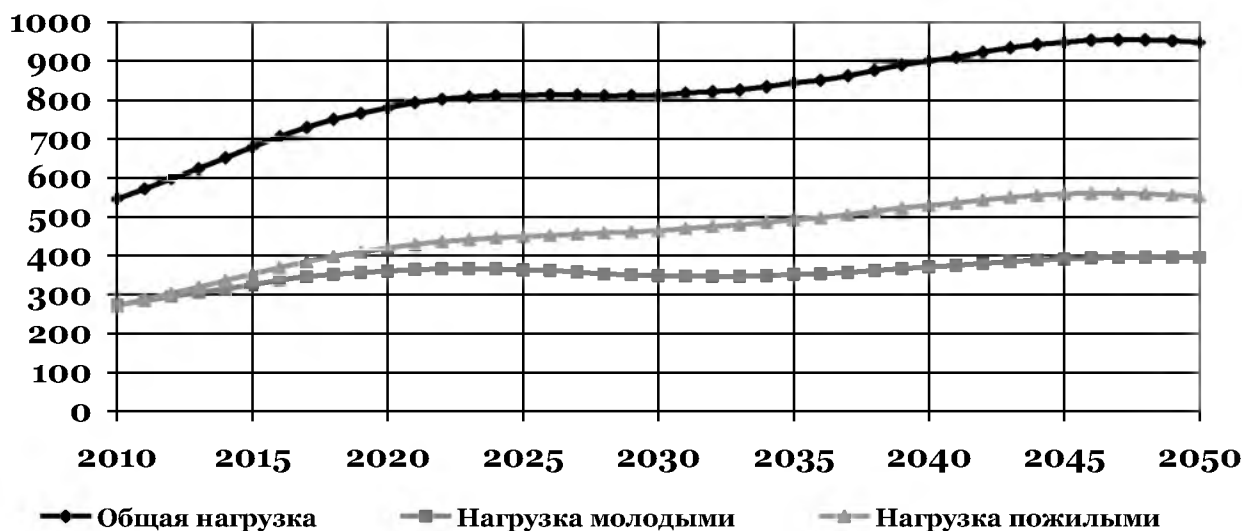


Рис. 1. Прогноз демографической нагрузки на 1000 человек населения трудоспособного возраста Республики Коми до 2050 г.

Fig. 1. Projection of the Komi Republic dependency ratio out to 2050

Рисунок показывает, что демографическая нагрузка, как и многие другие демографические показатели, носит волнообразный характер. Демографическая нагрузка молодыми увеличится к 2050 г. с 274 до 395 человек на 1000 человек трудоспособного населения. Демографическая нагрузка пожилыми возрастет с 272 до 552 человек. Наибольший прирост нагрузки приходится на первое десятилетие прогноза.

Средний образовательный уровень населения (см. табл. 1) за прогнозный период возрастет с 10,0 до 10,6 лет. Оценим будущий образовательный потенциал населения Республики Коми при помощи суммирования числа лет обучения всего населения региона. Суммарный образовательный потенциал региона сократится к 2050 г. с 9,0 до 6,1 млн. человеко-лет. Его убыль будет составлять 32,6% против 36,3% убыли общей численности населения. Таким образом, прогнозируемое увеличение среднего образовательного уровня населения региона не сможет значительно нивелировать ситуацию, вызванную миграционным оттоком образованного населения республики.

Прогноз районного уровня позволил оценить территориальную дифференциацию демографических тенденций. Согласно результатам прогноза, лишь в двух районах из двадцати ожидается прирост населения. Это столица региона – г. Сыктывкар и прилегающий к нему Сыктывдинский муниципальный район. Выгодное географическое расположение на юге республики, более высокое, чем в среднем по региону качество жизни, наличие множества учебных заведений обеспечивают привлекательность столицы для внутренней миграции. Население Сыктывкара будет возрасти вплоть до 2025 г., когда достигнет максимума (263 тыс. человек против 251 тыс. в 2010 г.). Затем, в связи с исчерпанием потенциала внутренней миграции, население начнет постепенно сокращаться. Более стремительная депопуляция, чем в среднем по региону, будет наблюдаться в шестнадцати городах и районах. Особенно высокая убыль прогнозируется в моногородах на севере региона: Воркуте (снижение на 53.6% к 2050 г.), Вуктыле (49.2%) и Инте (47.1%), а также в некоторых отдаленных сельских территориях.

Заключение

Предложенный в статье методический инструментальный позволил построить демографический прогноз Республики Коми, который функционально превосходит существующие. Во-первых, многоуровневая архитектура прогноза приспособлена для прогнозирования демографической динамики одновременно на трех иерархических уровнях: индивидуальном, районном и региональном. Во-вторых, предложенный набор характеристик населения позволил учитывать дополнительные факторы изменения демографических показателей и оценить качественный состав будущего населения. В ходе анализа результатов прогнозирования были выявлены возможные масштабы негативных демографических тенденций северного региона. Полученная модель может быть адаптирована к любой другой территории, применяться при разработке программ демографического и социально-экономического развития.

Список литературы References

1. Волков А.Г. 2014. Избранные демографические труды: сборник научных статей. М., Изд. дом ВШЭ, 567.
Volkov A.G. 2009. Izbrannyye demograficheskiye trudy [Selected works on demography: a collection of scientific articles]. Moscow, HSE Publishing House, 567.
2. Рыбаковский Л.Л. 2003. Демографический понятийный словарь. М., ЦСП, 352.
Rybakovskiy L.L. 2003. Demograficheskiy ponyatiynyy slovar' [Demographic conceptual dictionary]. Moscow, TsSP, 352.
3. Макаров В.Л. 2006. Искусственные общества. Искусственные общества, 1 (1). – С. 10-24.
Makarov V.L. 2006. Artificial societies. Iskusstvennyye obshchestva [Artificial societies]. 1 (1). – P. 10-24.
4. Римапшевская Н.М., Бочкарева В.К., Мигранова Л.А., Молчанова Е.В., Токсанбаева М.С. 2013. Человеческий потенциал российских регионов. Народонаселение, 61 (3).- С. 82-141.
Rimashevskaya N.M., Bochkareva V.K., Migranov L.A., Molchanova E.V., Toksanbaeva M.S. 2013. Human potential of Russian regions. Narodonaselenie [Population]. 61 (3). – P. 82-141.
5. Саймон Г.А. 1993. Рациональность как процесс и продукт мышления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf (7 декабря 2015).
Simon H. 1993. Rationality as a process and product of thought [Rationality as process and as product of thought] [Electronic resource]. - URL: http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf (accessed 7 December 2015).
6. Смирнов А.В. 2015. Человеческий потенциал науки и образования северных регионов. Региональная экономика: теория и практика, 400 (25). – С. 60-72.
Smirnov A.V. 2015. The human resources of science and education of the northern regions. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economics: theory and practice]. 400 (25). – P. 60-72.
7. Староверов О.В. 2006. Отдельные модели экономической социологии. М., Наука, 232.
Staroverov O.V. 2006. Otdel'nye modeli ekonomicheskoy sotsiologii [Selected models of economic sociology]. Moscow, Nauka, 232.
8. Фаттахов М.Р. 2013. Агент-ориентированная модель социально-экономического развития Москвы. Экономика и математические методы, 49 (2). – С. 30-43.
Fattakhov M.R. 2013. Agent-based model of socio-economic development of Moscow. Ekonomika i matematicheskiye metody [Economics and mathematical methods]. 49 (2). – P. 30-43.
9. Фаузер В.В., Стукалов И.Е., Конакова О.И. 2007. Влияние демографических процессов и образовательной системы на экономическое развитие региона. Сыктывкар, Изд. Коми НЦ УрО РАН, 140.
Fauzer V.V., Stukalov E.I., Konakova O.I. 2007. Vliyanie demograficheskikh protsessov i obrazovatel'noy sistemy na ekonomicheskoe razvitiye regiona [The impact of the demographic processes and educational system on the economic development of the region]. Syktyvkar, Komi SC UrB of RAS Publ., 140.
10. Форрестер Дж. 2003. Мировая динамика. М., АСТ, 379.
Forrester J. 2003. Mirovaya dinamika [World dynamics], Moscow, AST, 379.



11. Billari F.C., Diaz B.A., Fent Th., Prskawetz A., 2007. The «Wedding-Ring»: an agent-based marriage model based on social interaction. *Demographic research*, 17, 59-82.
12. Geard N., McCaw J.M., Dorin A., Korb K.B., McVernon J. 2013. Synthetic population dynamics: a model of household demography. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (1). [Electronic resource]. - URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/1/8.html> (accessed 7 December 2015).
13. Lutz W., KC S. 2011. Global human capital: integrating education and population. *Science*, 6042 (333). - P. 587-592.
14. O'Neill B.C., Balk D., Brickman M., Ezra M. 2001. A guide to global population projections. *Demographic Research*, 4, 203-288.
15. Pedercini M. 2003. Potential contribution of existing computer-based models to comparative assessment of development options. [Electronic resource]. - URL: <http://folk.uib.no/sinem/WPSD/WPSD2.03PlanningModels.pdf> (accessed 7 December 2015).
16. Silverman E., Bijak J., Hilton J., Dung Cao V., Noble J. 2013. When demography met social simulation: a tale of two modelling approaches. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (4). [Electronic resource]. - URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/4/9.html> (accessed 7 December 2015).
17. UN Population division. 2014. *World Population Prospects: The 2012 revision, methodology of the United Nations population estimates and projections*. New York: United Nations, 54.