

Степанов А. В.

*аспирант кафедры «Математические методы в экономике»,
ФГБОУ ВПО «Российский экономический
университет им. Г.В. Плеханова»*

Динамическое моделирование как инструмент анализа миграционных потоков

Аннотация. *В статье представлен подход моделирования и прогнозирования миграционных потоков на основе системной динамики, представлен пример использования данного подхода.*

Ключевые слова: *миграция, системная динамика, PowerSim, моделирование, прогнозирование.*

Dynamic modeling as a tool for the analysis of migration flows

The summary. *The article presents an approach of modeling and forecasting of migration flows based on system dynamics and an example of using this approach.*

Keywords: *migration, system dynamics, PowerSim, modeling, forecasting.*

Процессы миграции населения оказывают непосредственное влияние на экономическую ситуацию регионов в мире, восполняя недостающие трудовые ресурсы, на численность и демографическую ситуацию в конкретном регионе, участвуя в процессе воспроизводства населения.

Миграция имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Восполняя трудовые ресурсы и участвуя в воспроизводстве населения, мигранты оказывают положительное влияние, как на экономику региона-реципиента, так и региона донора. С другой стороны, нелегальная миграция наносит ущерб принимающей стране, поскольку такие мигранты не платят налогов и тем самым наносят серьезный ущерб экономике при том, что нелегальная миграция может в несколько раз превышать легальную. Приток в регион населения со своими этническими ценностями может вызвать социальную напряженность. Чаще всего мигранты являются дешевой и низкоквалифицированной рабочей силой и готовы работать за гораздо меньшую зарплату, тем самым

они демпингуют заработные платы в регионе, составляют конкуренцию для коренного населения и вызывают его недовольство.

Многостороннее влияние миграции на различные сферы общества обуславливает важность изучения, как самого процесса миграции, так и меры его влияния на ключевые социально-экономические показатели. Моделирование миграционных процессов позволит оценить влияние движения населения на демографическую обстановку и структуру населения в принимающем регионе. Определим факторы, имеющие влияние на скорость миграции.

Основной причиной миграции населения в настоящее время в мире являются социально-экономические факторы. Большинство регионов мира можно разделить на два типа: экономически развитые регионы со стареющим населением и экономически отсталые регионы с высокими показателями рождаемости и молодым населением.

К примеру, согласно последнему докладу по демографической ситуации в Евросоюзе ¹, страны Европы, которые являются экономически развитыми, находятся в демографическом кризисе — средний показатель рождаемости по 27 странам Евросоюза составляет 1.6 ребенка на одну женщину, численность коренного населения в трудоспособном возрасте снижается. Подобная ситуация наблюдается и в России.

С другой стороны, в мире существуют такие регионы, как Центральная Азия или Мексика, с развивающейся экономикой, низким уровнем доходов населения и высокими показателями рождаемости.

В результате, между этими двумя типами регионов возникают потоки миграции ². Люди мигрируют из стран с низким уровнем развития экономики за лучшими условиями жизни в экономически более развитые регионы. Страны со стареющим населением привлекают рабочую силу из заграницы, чтобы удовлетворить потребность экономики в кадрах и поддерживать численность населения.

Миграция населения может быть вынужденной и вызванной такими факторами, как экономические кризисы, техногенные катастрофы, стихийные бедствия, региональные войны, изменения политической ситуации, ведущие к конфликту отдельных социальных групп с органами власти. Основными причинами вынужденной миграции являются различного рода нарушение прав и свобод человека, вооруженные конфликты, разрушение единых государств (как случилось с СССР).

¹ Demography report 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. ISBN 978-92-79-17603-6.

² Акаев А. А. Вызовы глобального демографического перехода и неотложность стратегических решений. Век глобализации 1/2011. С. 44–66.

При построении математической модели миграционных потоков невозможно учесть абсолютно все факторы, поэтому из всего их множества необходимо выделить ключевые, оказывающие наибольшее влияние. Далее будет показан разработанный подход моделирования перемещения населения методами системной динамики.

Системно-динамический подход моделирования подразумевает описание какого-либо процесса системой взаимосвязанных дифференциальных уравнений. Существует множество специализированных программных сред для построения системно-динамических моделей, таких как PowerSim Studio, AnyLogic, Vensim, STELLA/iThink и другие.

Рассмотрим основные положения представляемого подхода к моделированию миграционных потоков методами системной динамики.

В качестве неизвестных переменных в системе выступают численности населения изучаемых регионов, то есть скорость их изменения во времени описывается дифференциальным уравнением. Обобщенный пример представлен в уравнении (1).

$$\frac{dP}{dt} = Br(t) \cdot P - Dr(t) \cdot P + mig, \quad 1$$

$$\text{При } t = t_0, \quad P = P_0$$

где: P – численность населения изучаемого региона; $Br(t)$ и $Dr(t)$ соответственно – общие коэффициенты рождаемости и смертности в изучаемом регионе; mig часть уравнения, отвечающая за скорость миграции.

Естественно, что возможно добавление и других неизвестных в систему, скорость изменения которых будет описываться дифференциальными уравнениями. Эти переменные могут быть учтены в качестве факторов, влияющих на скорость перемещения населения. Например, задать изменение коэффициента рождаемости в зависимости от государственных программ, направленных на улучшение демографической обстановки.

Часть уравнения, отвечающая за скорость миграции (mig), состоит из набора функций, каждая из которых представляет собой зависимость скорости потока перемещения населения от одного фактора. Ее вид в случае мультипликативного учета различных факторов представлен зависимостью (2).

$$mig = f_1(X_1) \cdot f_2(X_2) \cdot \dots \cdot f_n(X_n) \cdot f_k(t), \quad 2$$

где: $X_1, X_2, \dots, X_n$ – значения факторов, влияющих на скорость миграции; $f_1, f_2, \dots, f_n$ – функциональные зависимости скорости миграции от

соответствующих факторов; $f_k(t)$ — корректировочный коэффициент. В качестве $X_1, X_2, \dots, X_n$ могут выступать как экзогенные данные для системы, так и моделируемые внутри нее.

Функциональные зависимости должны настраиваться на ретроспективных данных таким образом, чтобы часть $f_1(X_1) \cdot f_2(X_2) \cdot \dots \cdot f_n(X_n)$ зависимости (2) максимально соответствовала статистическим данным о скорости миграции. Для этого можно использовать регрессионные, экспертные, опытные и другие методы. Корректировочный коэффициент ($f_k(t)$), зависящий от времени, настраивается таким образом, чтобы переменная *mig* полностью совпадала со статистикой, то есть $f_k(t)$ будет вбирать в себя все неучтенные факторы, влияющие на скорость миграции. При настроенных функциях $f_1(X_1) \cdot f_2(X_2) \cdot \dots \cdot f_n(X_n)$ на ретроспективных данных возможно запускать модель на будущие периоды и строить прогноз.

Экзогенные данные модели на будущие периоды времени неизвестны и выступают в качестве параметров сценарного анализа. Изменяя их значение возможно наблюдать, как поведет себя система при различных сценариях развития событий в будущем.

Рассмотрим применение описанного подхода на примере. В данном случае, при построении модели будет использоваться среда динамического и имитационного моделирования PowerSim Studio 7.0. Как уже отмечалось выше, основной причиной миграции принимаются социально-экономические факторы, включая демографическую обстановку в регионе-доноре и регионе-реципиенте, а также уровень благосостояния общества в регионах, между которыми возникает движение населения. Для моделирования, в качестве показателей, описывающих демографическую ситуацию в каком-либо регионе, выбираются общие коэффициенты рождаемости и смертности, численность населения. В качестве основных показателей характеризующих различие в уровнях благосостояния общества между двумя регионами выберем ВВП (ВРП) на душу населения в регионе и объем жилищного фонда в расчете на одного человека. За изучаемый регион выберем Москву вместе с Московской областью. Тогда уравнение (1) примет следующий вид:

$$\frac{dP_M}{dt} = Br(t) \cdot P_M - Dr(t) \cdot P_M + P_L(t) \cdot f(GDPpc) \cdot f(HF) \cdot f_k(t),$$

при $t = t_0, P_M = P_{M0}$

где: P_M — численность населения Москвы вместе с Московской областью; $Br(t)$ и $Dr(t)$ — соответственно общие коэффициенты рождаемости

и смертности в Москве и Московской области; $P_L(t)$ — численность населения стран с низким уровнем развития экономики, готового к миграции; $f(GDPpc)$ — функция зависимости скорости миграции от разности ВВП на душу населения между Московским регионом и странами-донорами, с низким уровнем развития экономики; $f(HF)$ — функция зависимости скорости миграции

Если скорость потока входящей миграции настаивать по имеющейся официальной статистике о численности прибывших в регион, то численность населения в Москве и области согласно модели (3) будет значительно меньше, чем в официальных статистических источниках. Это можно объяснить тем, что помимо легальной миграции, отраженной в статистике, существует и нелегальная, влияющая на динамику численности населения. При настройке модели приходится корректировать в сторону увеличения скорость потока миграции (Рис. 1), чтобы получаемая при моделировании численность населения в Москве и области совпадала со статистическими данными (Рис. 2).

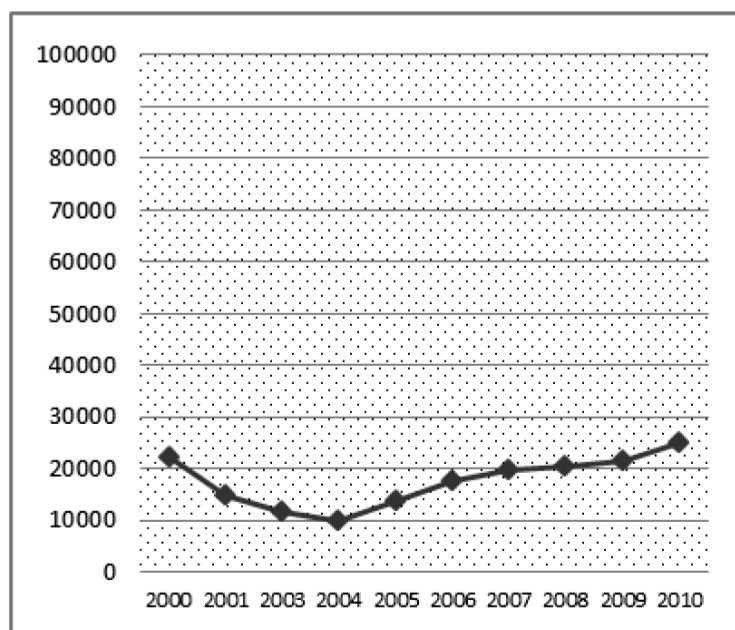


Рис. 1. Расчетные (слева) и статистические данные (справа) о скорости потока миграции из стран с низким уровнем развития экономики в Москву и область

Используя разработанный подход к анализу миграционных процессов можно проводить прогнозный, сценарный анализ миграции населения, задавая экзогенные параметры модели на будущие периоды как возможные сценарии развития событий. На Рис. 3 изображен прогноз модели (3) при сохранении темпов роста ВВП на душу населения в

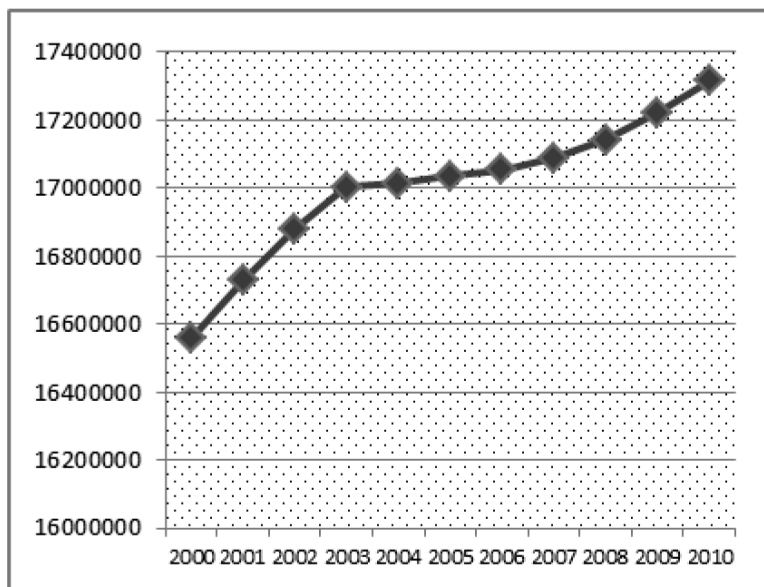


Рис. 2. Расчетные (слева) и статистические данные (справа) о динамике численности населения Москвы вместе с Московской областью

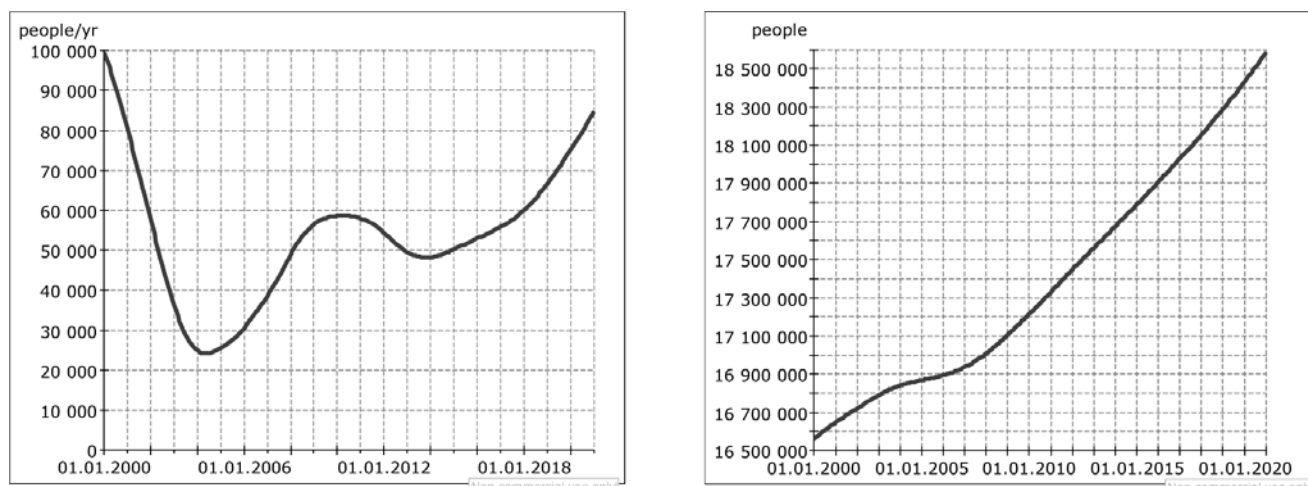


Рис. 3. Прогноз скорости потока миграции из стран с низким уровнем развития экономики в Москву и область (слева) и численность населения изучаемого региона (справа)

изучаемом регионе и в странах с низким уровнем развития экономики, темпов рождаемости и смертности, а также темпов роста объемов жилищного фонда.

На Рис. 3 видно, что скорость миграции из стран с низким уровнем развития экономики в Москву и область будет продолжать расти в будущем. Это будет происходить из-за опережающих темпов роста экономики (ВВП на душу) в Московском регионе по сравнению с экономически неразвитыми странами. Численность населения Москвы вме-

сте с Московской областью будет продолжать расти за счет мигрантов, согласно прогнозу, так как Московский регион выделяется высоким уровнем ВВП на душу населения.

Модель (3) может быть расширена с учетом дополнительных факторов, дополняя зависимость (2), а представленный подход можно рассматривать как методологию построения инструментария для количественного прогнозного анализа миграционных потоков населения с учетом различным факторов.

Используемые источники

1. Demography report 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. ISBN 978-92-79-17603-6.
2. Акаев А. А. Вызовы глобального демографического перехода и неотложность стратегических решений. Век глобализации 1/2011. С. 44 –66.