

УДК 338.45:519.876.2

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

Титов В.А., Вейнберг Р.Р.

*ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
Москва, e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com*

В статье представлен вариант построения модели рынка труда с помощью терминов и методов системной динамики с целью изучения процессов занятости населения, а именно соотношения спроса и предложения рабочей силы. Модели в статье реализованы в программной среде PowerSim Studio и отражают некоторые процессы, происходящие на рынке труда, благодаря которым формируется спрос на труд и соответствующее ему предложение рабочей силы. С помощью модуля оптимизации PowerSim Solver найдены решения, отражающие оптимальные значения параметров модели для различных ситуаций, выявляющие пути повышения эффективности работы предприятия. Далее проведено сравнение результатов, полученных без встроенного модуля оптимизации PowerSim Studio – PowerSim Solver и с ним. Первоначальные результаты по качественным характеристикам уступили полученным с помощью модуля, что говорит об эффективности его примирения в задачах изучения процессов занятости населения и демографии. Статья будет интересна преподавателям вузов, аспирантам и всем интересующимся системной динамикой.

Ключевые слова: динамические модели, оптимизация, PowerSim™, демография, безработица, когнитивные модели

STUDYING OF POPULATION EMPLOYMENT PROCESSES, USING SYSTEM DYNAMIC METHODS

Titov V.A., Veynberg R.R.

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow,
e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com*

The article deals with constructing of labor market models by using terms and methods of system dynamics, to study the processes of employment and unemployment, namely the relationship between demand and supply of market labor. Models in the article are implemented in software environment PowerSim Studio and reflect some of the processes taking place in the labor market, thus creating demand for labor and corresponding of labor supply. With the optimization module, PowerSim Solver, found solutions that reflect optimal values of the model parameters for different situations, revealing ways to increase efficiency of modern enterprises. Further, comparison of the results obtained, without built-in optimization PowerSim Studio module – PowerSim Solver and with it. Initial results of the qualitative characteristics conceded to ones obtained by the module, which indicates effectiveness of module reconciliation to the tasks in studying processes of employment and demography. The article will be interesting to teachers, graduate students and all those who are interested in system dynamics.

Keywords: dynamic models, optimization, PowerSim™, demography, unemployment, cognitive models

Центральное место в демографии занимает исследование воспроизводства населения, т.е. процесса смены одних групп людей другими. Воспроизводство населения происходит, прежде всего, вследствие естественной смены поколений, т.е. через рождаемость и смертность, или так называемого естественного движения населения. Население отдельных территорий меняется также вследствие прибытия людей с других территорий (иммиграция) и выбытия их на другую территорию (эмиграция), вместе образующих миграцию, или механическое движение населения [1].

Для составления модели объекта (системы) необходимо его разбиение на составные элементы (подсистемы) в соответствии с их функциональным назначением. Рассмотрим основные компоненты социально-экономического субъекта, в зависимости от их влияния на воспроизводство и движение насе-

ления. На численность населения влияют такие показатели, как смертность, естественный прирост, рождаемость, миграция (количество выбывших и приехавших). Более того, на эти показатели влияют другие, тем самым косвенно влияя на воспроизводство, описание всех показателей невозможно из-за разного влияния на те или иные процессы. В модели описывается влияние некоторых из них, например ИРЧП (Индекс развития человеческого потенциала), как основного показателя, характеризующего уровень жизни населения, количество домохозяйств, оказывающих влияние на привлечение мигрантов, на рождаемость (размер жилплощади и количество домов в расчете на население).

Модель состоит из трех подмоделей, связанных тремя взаимосвязанными уровнями:

1) уровень «Численность населения» отвечает за процесс формирования численности населения из миграции, рождения и смерти;

2) уровень «Количество домов» отвечает за численность домохозяйств, влияет как на миграцию населения, так и на рождаемость;

3) уровень «ВНП (Валовой национальный доход)» отвечает за формирование индекса дохода, который формирует ИРЧП (Индекс развития человеческого потенциала), который, в свою очередь влияет на многие аспекты воспроизводства населения.

Блоки взаимозависимы: например, рост количества домов влияет на рождаемость и привлечение населения в страну, ВНП, отвечая за формирование ИРЧП, влияет как на миграцию, так и на смертность.

Для построения динамической модели предприятия используются инструменты программного продукта PowerSim [5].

Главными факторами, влияющими на параметры модели, являются изменяющиеся «Норма миграции», «Рождаемость», «Смертность», «Привлечение мигрантов за рубеж» в течение промежутка времени – года, также «Ожидаемая продолжительность жизни», «Средняя продолжительность обучения населения», в годах. Считаем, что данные об этих факторах получены путем экспертной оценки или основаны на опыте предыдущих периодов, априорно-прецедентные [2].

Сначала строится когнитивная модель, для отображения причинно-следственных связей (рис. 1–3).

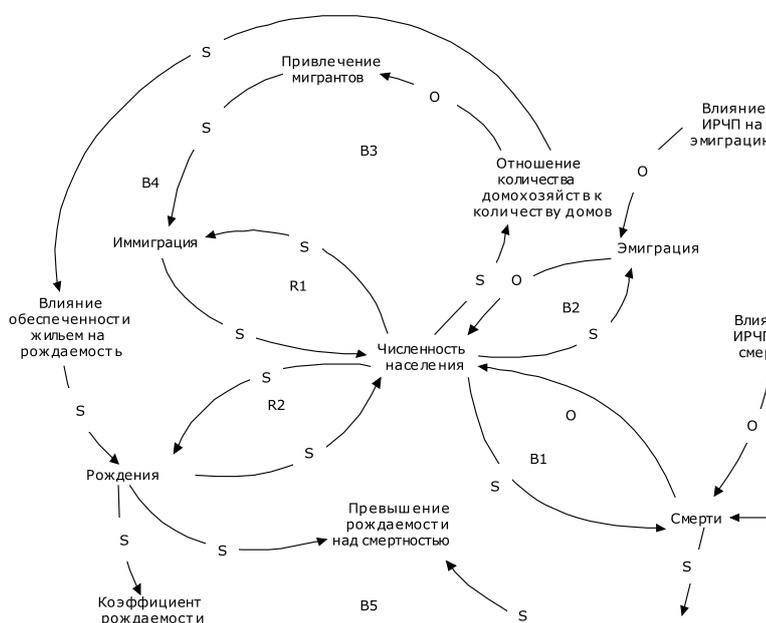


Рис. 1. Когнитивная модель демографических показателей



Рис. 2. Когнитивная модель «Домохозяйства»

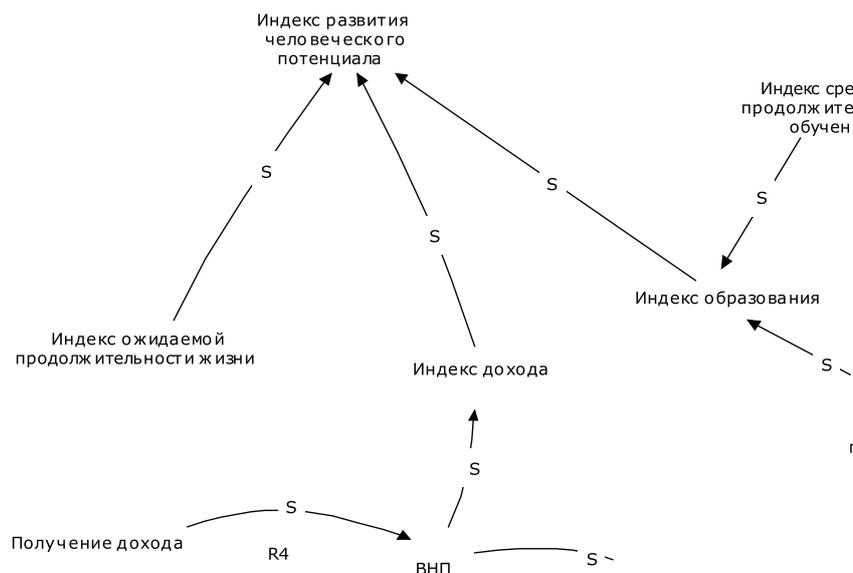


Рис. 3. Когнитивная модель «ИРЧП»

Когнитивная модель (Causal loop diagram, CLDs) отображает причинно-следственные связи. Эти диаграммы состоят из стрелок, соединяющих переменные (вещи, которые изменяются в течение долгого времени) в пути, который показывает, как одна переменная затрагивает другую. Каждая стрелка в причинной диаграмме петли маркирована «S» или «O». «S» означает, что, когда первая переменная изменяется, вторые изменения происходят в том же самом направлении (например, иммиграция увеличивает численность населения, как и рождения). «O» означает, что первые переменные вызывают изменение в противоположном направлении во второй переменной (например, увеличение смертности влечет сокращение населения, как и увеличение эмиграции). В CLDs стрелки объединяются, чтобы сформировать петли, и каждая петля маркирована «R» или «B». «R» означает укреплять; то есть причинно-следственные связи в пределах петли создают экспоненциальный рост или крах. «B» означает балансировать; то есть причинные влияния в петле держат вещи в равновесии. CLDs может содержать много различных «R» и «B» петли, все связанные вместе со стрелками.

Модель можно разделить на три основных конструкции, отвечающие за воспроизводство населения (включая демографические показатели, домохозяйства, ИРЧП).

Для анализа модели рассмотрим различные сценарии изменения показателей воспроизводства населения в зависимости

от изменяющихся начальных значений. В PowerSim это можно реализовать двумя способами. Первый из них – вручную изменять параметры, предварительно введя в модель управляющие элементы.

Выделим переменные «Смертность» и «Рождаемость», «Норма иммиграции», «Норма эмиграции», для них создадим четыре слайдера – реостата со шкалой значений и бегунком, фиксирующим параметр. Также можно выделить переменные «Ожидаемая продолжительность жизни» и «Привлечение мигрантов за рубежом», также для установления значения. Для наглядности построим графики изменения численности населения, миграции, рождаемости и смертности (рис. 5), а также добавим таблицу со значениями показателей.

Прогоним модель при исходных параметрах и получим значение численности населения в 2031 году 117 млн человек (рис. 4).

Целью анализа является увеличение численности населения путем снижения смертности и иммиграции.

Увеличим параметр «Рождаемость» до 0,06 промилле в год, а «Смертность», уменьшив до 0,2 промилле в год, при этом численность населения увеличится до 182 млн человек (рис. 5).

Таким образом, можно варьировать значения параметров очень долго, а если добавить другие целевые показатели, то задача становится практически не решаемой с помощью приведенного метода перебора.

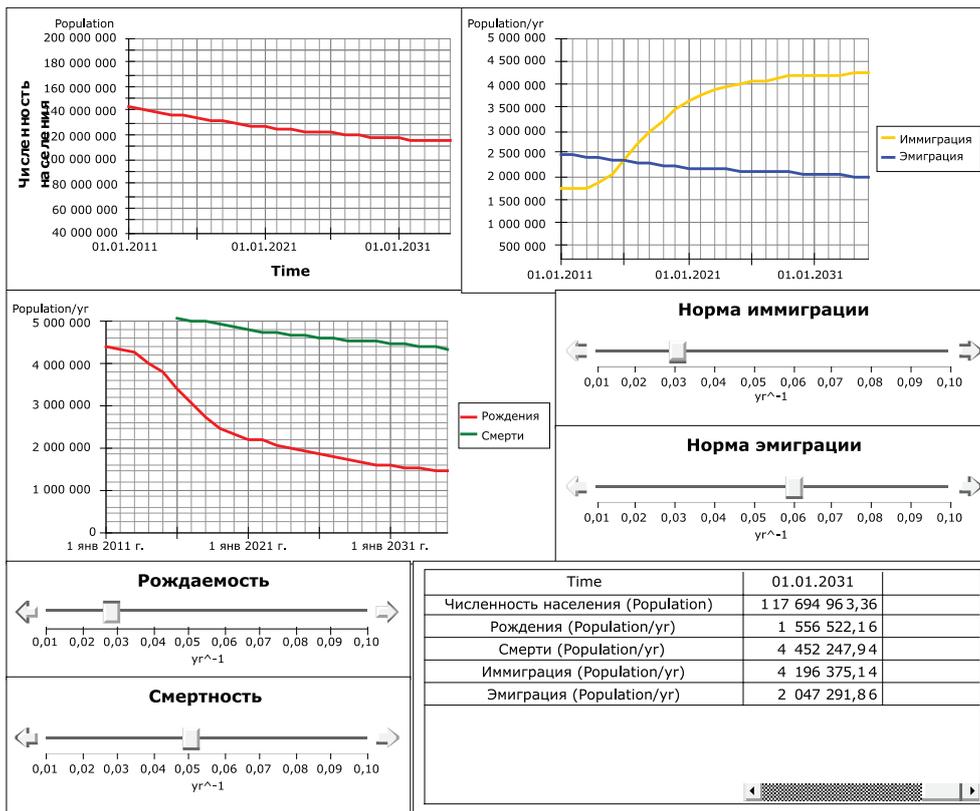


Рис. 4. Результаты прогона модели при начальных значениях

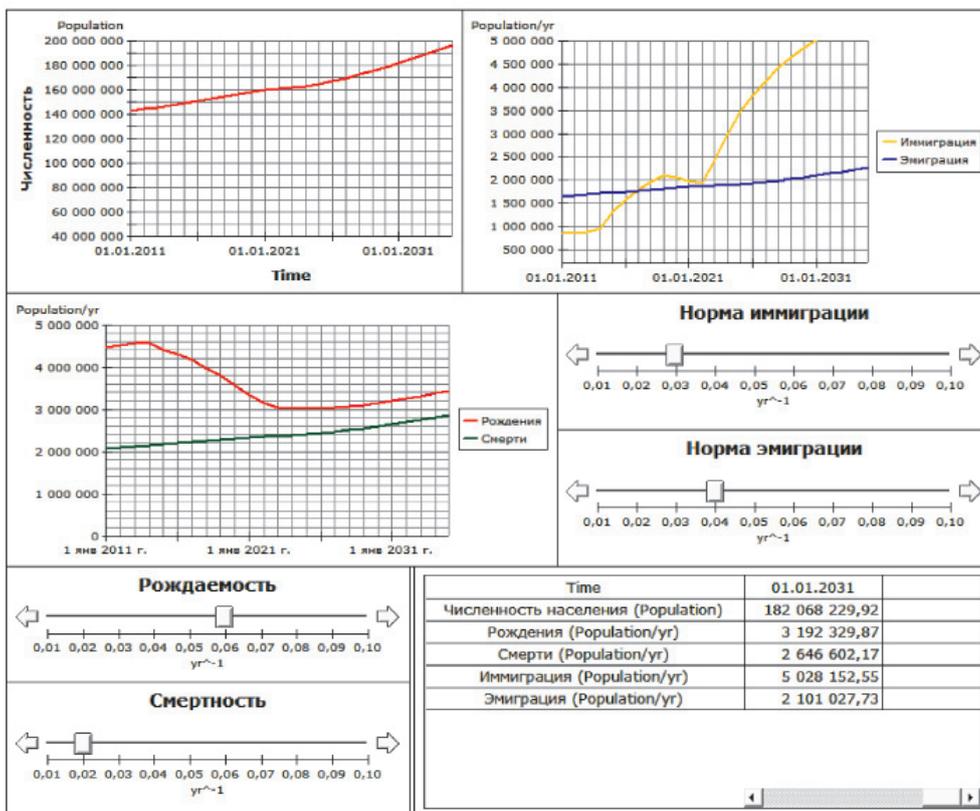


Рис. 5. Результаты прогона модели при измененных значениях

Вторым способом нахождения максимального значения численности населения является использование встроенного модуля оптимизации PowerSim Studio – PowerSim Solver [5]. С помощью него можно автоматически определить необходимые параметры системы.

Инструмент оптимизации в PowerSim Studio требует, чтобы были определены переменные для анализа и поставлена оптимизационная задача. Зададим интервалы варьируемых параметров в меню Analysis Variables: норма иммиграции от 0,01 до 0,15 per yr; норма эмиграции от 0,01 до 0,15 per yr; рождаемость от 0,01 до 0,20 per yr; смертность от 0,01 до 0,20 per yr; ожидаемая продолжительность жизни от 51 до 83 yr; средняя продолжительность обучения населения от 8 yr до 12; ожидаемая продолжительность обучения населения от 15 до 25 yr.

Главным критерием оптимизационной задачи является увеличение численности населения за счет снижения смертности и иммиграции [3, 4].

Запускаем «Оптимизатор» Power Sim Solver, который при анализе 1000 поколений выдает следующий набор параметров, изображенный на рис. 6.

Как видно, найденные решения сильно отличаются от исходно заданных и измени-

лись как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

Для соответствия модели основным требованиям демографии добавим в критерии задачи дополнительное условие – минимизацию смертности.

С добавлением дополнительного условия численность населения увеличилась до 179 млн. Смертность снизилась по сравнению с предыдущими прогонами до 1,2 млн (рис. 7).

По сравнению с предыдущими результатами численность населения немного снизилась, зато уменьшилась смертность (рис. 8).

Аналогичным образом можно рассматривать и другие процессы, функции, добавлять новые параметры оптимизации, приближая модель к реальным условиям.

Очевидно, что построенная модель является упрощенной и отображает только общие принципы демографии населения (воспроизводства и естественного движения населения). На практике на каждый уровень модели, на каждую переменную влияют множество факторов, не только социальных, таких как уровень жизни, но и экономических, в свою очередь, демографические процессы оказывают влияние почти на все экономико-социальные процессы [1, 3].

Section	Parameter	Value
Assumptions	Норма иммиграции	0,09 per yr
	Minimum Value	0,01 per yr
	Maximum Value	0,15 per yr
	Норма эмиграции	0,05 per yr
	Minimum Value	0,01 per yr
	Maximum Value	0,15 per yr
	Ожидаемая продолжительность жизни	79,12 yr
	Minimum Value	51,00 yr
	Maximum Value	83,00 yr
	Ожидаемая продолжительность обучения населения	19,87 yr
	Minimum Value	15,00 yr
	Maximum Value	25,00 yr
Decisions	Рождаемость	0,13 yr ⁻¹
	Minimum Value	0,01 yr ⁻¹
	Maximum Value	0,20 yr ⁻¹
	Смертность	0,19 yr ⁻¹
	Minimum Value	0,01 yr ⁻¹
	Maximum Value	0,20 yr ⁻¹
Objectives	Средняя продолжительность обучения населения	9,48 yr
	Minimum Value	8,00 yr
	Maximum Value	12,00 yr
Objectives	Численность населения	299 076 555,75 Population
	Limit	142 905 200,00 Population

Рис. 6. Задание параметров в меню Analysis Variables

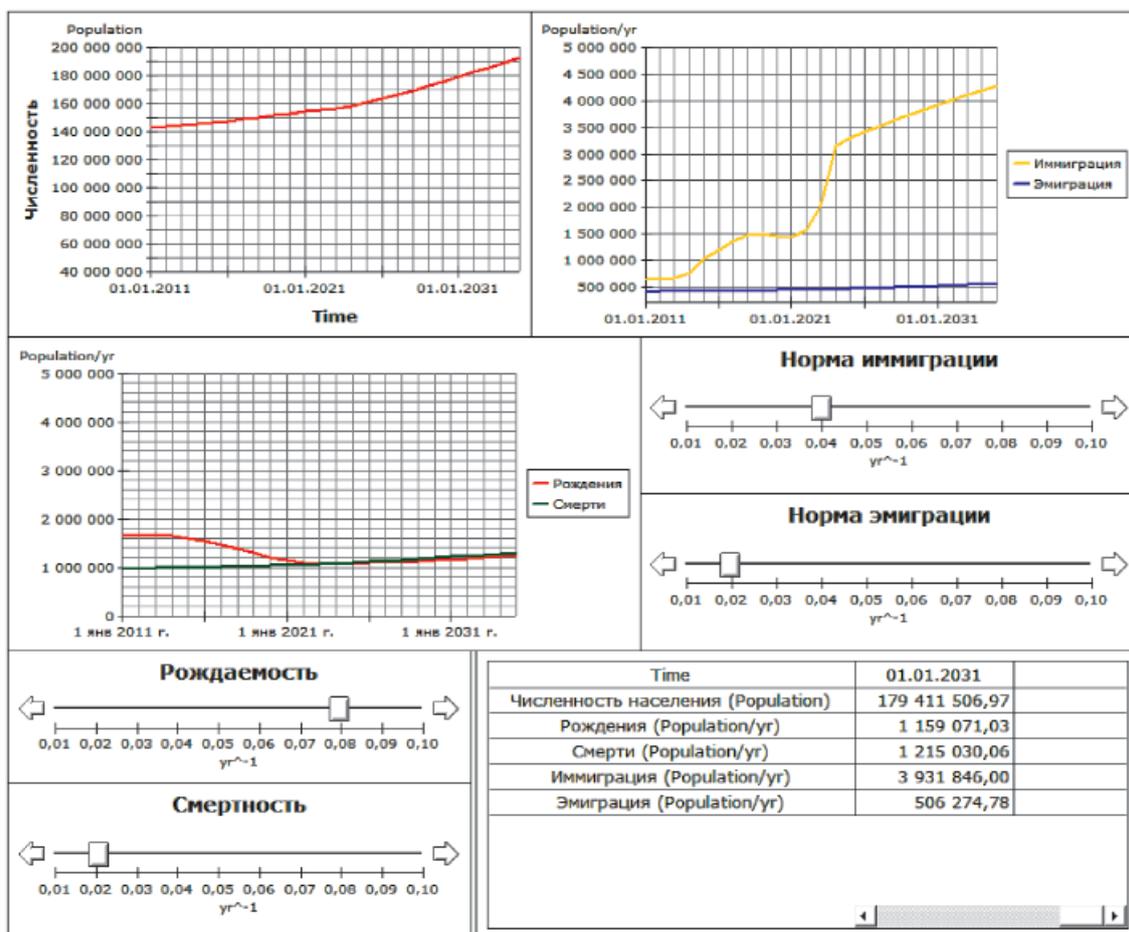


Рис. 7. Результаты прогона модели для двух критериев оптимизации

Time	01.01.2031
Численность населения (Population)	182 068 229,92
Рождения (Population/yr)	3 192 329,87
Смерти (Population/yr)	2 646 602,17
Иммиграция (Population/yr)	5 028 152,55
Эмиграция (Population/yr)	2 101 027,73

Time	01.01.2031
Численность населения (Population)	179 411 506,97
Рождения (Population/yr)	1 159 071,03
Смерти (Population/yr)	1 215 030,06
Иммиграция (Population/yr)	3 931 846,00
Эмиграция (Population/yr)	506 274,78

Рис. 8. Результаты прогона
1-я табл. – изменение параметров,
2-я табл. – использование модуля оптимизации

С помощью программного продукта PowerSim Studio осуществлена реализация данной модели. Проведен анализ различных сценариев воспроизводства населения. Благодаря использованию модуля оптимизации PowerSim Solver найдены оптимальные значения параметров модели для повышения численности населения, снижения смертности.

Список литературы

1. Кондратьев Н.Д. Основные проблемы экономической статистики и динамики. – М.: 1991.
2. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде PowerSim Studio. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Терра, 2003.
4. Research of Long-Term Forecasting System of the Labor Market Demand and Analysis of Improvement Options. – LR LM: Riga, 2007.
5. Официальный сайт продукта PowerSim Studio [Электронный ресурс], доступ свободный. <http://www.powersim.com>,

References

1. Kondratev N.D. Osnovnye problemy jekonomicheskoj statiki i dinamiki. M.: 1991.
2. Sidorenko V.N. Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie v srede PowerSim Studio. M.: MAKS-PRESS, 2001.
3. Forrester Dzh. Mirovaja dinamika. M.: Terra, 2003.
4. Research of Long-Term Forecasting System of the Labor Market Demand and Analysis of Improvement Options. LR LM: Riga, 2007.
5. Oficial'nyj sajt produkta PowerSim Studio [Jelektronnyj resurs], dostup svobodnyj. <http://www.powersim.com>,

Рецензенты:

Татарников О.В., д.т.н., заведующий кафедрой высшей математики, ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» Министерства образования и науки РФ, г. Москва;

Матвеев М.В., д.т.н., профессор кафедры математических методов в экономике, ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» Министерства образования и науки РФ, г. Москва.