

УДК 004.67

DOI: 10.31040/2222-8349-2025-0-3-124-130

НЕЧЕТКИЕ АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МНОГОАГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

© М.М. Низамутдинов, М.И. Ахметзянова

Анализируется взаимовлияние миграционной активности населения и экономического развития региона, основанное на системной взаимообусловленности динамики экономических и миграционных процессов на региональном уровне. Разработана нечеткая модель, позволяющая моделировать и анализировать принятие решений индивидами, а также проводить сценарные анализы. Разработана имитационная модель взаимовлияния миграционной активности населения и экономического развития региона на основе многоагентного подхода с использованием геоинформационных технологий. Проведен сценарный прогноз взаимовлияния миграционной динамики и экономического развития регионов (на примере Республики Башкортостан и субъектов ПФО).

Ключевые слова: имитационная модель, миграция, социально-экономическое развитие региона, Республика Башкортостан, нечеткая логика.

На сегодняшний день важным приоритетом экономических преобразований в Российской Федерации остается создание социально благополучного общества и обеспечение стабильного демографического и социально-экономического развития регионов [1]. За последние годы в результате активной демографической политики и реализации ряда приоритетных национальных проектов в России произошло некоторое улучшение демографической ситуации [2]. Однако наблюдаемых позитивных подвижек недостаточно для кардинального изменения накопленных годами негативных тенденций.

По оценкам экспертов, за период 2006–2023 гг. наблюдается снижение численности населения в трудоспособном возрасте и к 2026 г. произойдет спад еще на 18%, наибольшее уменьшение численности населения коснется молодых возрастов 15–29 лет [3]. Существенное сокращение уровня жизни населения в сочетании с сохраняющейся геополитической напряженностью может привести к дальнейшему снижению миграционной привлекательности регионов России.

В частности, в Республике Башкортостан на протяжении 2012–2022 гг. наблюдался устойчивый отток населения в другие регионы

Российской Федерации [4]. Низкий уровень привлекательности территорий одновременно приводит к оттоку рабочей силы, который способствует снижению темпов экономического развития. В связи с этим для качественного прогнозирования показателей социально-демографической сферы и оценки динамики результирующих параметров экономического развития представляется важным исследование миграционной динамики населения, в том числе с учетом индивидуальных характеристик и мотивов миграционного поведения отдельных социальных групп.

Сегодня для получения качественных прогнозов развития социальных процессов используются имитационные модели, основанные на агентном подходе. Агентные модели позволяют получить представление о динамике социально-демографических процессов, основанной на изучении поведения отдельных индивидов. Например, одним из примеров агент-ориентированной модели является разработанная в ЦЭМИ РАН модель трудовой миграции из Китая в Россию, в которой были учтены основные особенности населения двух соседних стран и происходящих в них демографических процессов. Необходимо отметить, что использование

НИЗАМУТДИНОВ Марсель Малихович – к.т.н., Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, e-mail: marsel_n@mail.ru
АХМЕТЗЯНОВА Миляуша Ильгамовна, Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, e-mail: ms.milyash1997@mail.ru

математических методов для описания системы принятия решения о переезде агентом «Человек» в агент-ориентированной модели затруднительно, и существует дефицит априорной информации о поведении системы. В связи с этим целесообразно использование методов теории нечетких систем, инструментарий которой включает в себя базу знаний как совокупности нечетких правил вида «если..., то», задающих связь между входными и выходными данными модели [5]. Например, в работе [6] подробно рассматриваются отдельные математические аспекты построения подобной агентной модели миграционных процессов. Таким образом, можно сделать вывод, что принятие социально значимых решений, таких как миграция в другие регионы, основано на сложной системе оценки различных социально-экономических параметров, в том числе уровня жизни населения как интегрального показателя социального самочувствия населения. В рамках нашего исследования для описания параметров уровня жизни населения Республики Башкортостан предложено использовать аппарат нечеткой логики, который позволяет получать прогнозные оценки на основе использования неполной или неточной информации [7].

Оценка параметров уровня жизни агента «Человек» на основе методов нечеткой логики. Исследования по миграционной динамике показывают, что основными факторами, влияющими на оценку уровня жизни и решение о миграции, являются уровень заработной платы и возможность получения образования. При этом ни один из этих факторов не поддается простой количественной оценке. Для формулирования параметров уровня жизни было проведено нечеткое моделирование в среде *Matlab*. Выходной переменной нечеткой модели является «желаемый уровень жизни». В качестве входных лингвистических переменных заданы: возраст; разница между желаемым и фактическим уровнем зарплаты; уровень образования.

В соответствии с существующей классификацией Всемирной организации здравоохранения возраст был разделен на следующие категории и проставлен диапазон их значений: молодой (от 18 до 44 лет), средний (от 45 до 59 лет), пожилой (от 60 до 74 лет), старческий (от 75 до 90 лет) [8].

Оценка агентом предлагаемой ему заработной платы определена в модели в виде нечеткой переменной «Заработная плата», которая зависит от величины доходов агента и уровня его обра-

зования, имеет трапецевидную функцию принадлежности, диапазон значений которой находится в интервале от 0 до 100 тыс. рублей и описывается тремя лингвистическими множествами: «Низкая», «Средняя», «Высокая». К первому сегменту относится заработная плата, размер которой значительно меньше среднего дохода в регионе; ко второму – зарплата, сопоставимая со средним доходом или выше; к третьему – значительно превосходящая его.

Желаемый уровень заработной платы для каждого агента задается с использованием гамма-распределения, параметры которого определены исходя из результатов исследования, проведенного сервисом «Работа.ру» (gamma (2, 30000, 40000)), где в исследовании приняли участие 3500 респондентов из всех регионов страны. Разница в зарплатных ожиданиях мужчин и женщин в 2023 г. составила 22%, в 2024 г. она достигала 43%.

По результатам исследования экспертов Аналитического кредитного рейтингового агентства (АКРА) в Республике Башкортостан минимальная планка вхождения в средний класс равна от 60 тыс. до 72.7 тыс. руб. [9]. Исходя из результатов опроса были построены оценки функций заработной платы в нечеткой модели по следующей шкале: низкий (менее 50 000 руб.), средний (от 51 000 до 73 000 тыс. руб.), высокий (более 74 000 руб.).

Согласно официальной статистике распределения мигрантов по возрастным группам и уровню образования за 2022 г., доля высококвалифицированных лиц трудоспособного возраста (мужчины от 16 лет 61 лет включительно, женщины от 16 лет до 56 лет включительно), уехавших в другие регионы России, составила 11.5%, доля лиц со средним профессиональным образованием – 17.3%, с основным общим образованием – 6.4%. Таким образом, введены оценки уровня образования: начальный, средний, высший.

С помощью модуля *fuzzy* были сформированы 34 продукционных правила, которые имеют вид «Если – То» (табл. 1). Например, ЕСЛИ возраст – молодой, заработная плата – низкая, уровень образования – начальный, ТО миграционная активность человека – низкая.

На основе разработанных правил формируется визуальная поверхность, которая позволяет оценить адекватность построенной модели. На рис. 1 представлена поверхность, отражающая зависимость выходной переменной от разницы между фактической и желаемой величиной заработной платы, а также уровня образования.

Продукционные правила построения системы нечеткого вывода

№	ЕСЛИ			ТО
	Возраст	Зарботная плата	Уровень образования	Миграционная активность
1	молодой	Низкий	Начальное	Низкая
2	молодой	Низкий	Среднее	Низкая
3	молодой	Низкий	Высшее	Низкая
4	молодой	Средний	Начальное	Низкая
5	молодой	Средний	Среднее	Средняя
6	молодой	Средний	Высшее	Средняя
...	...	...	...	...

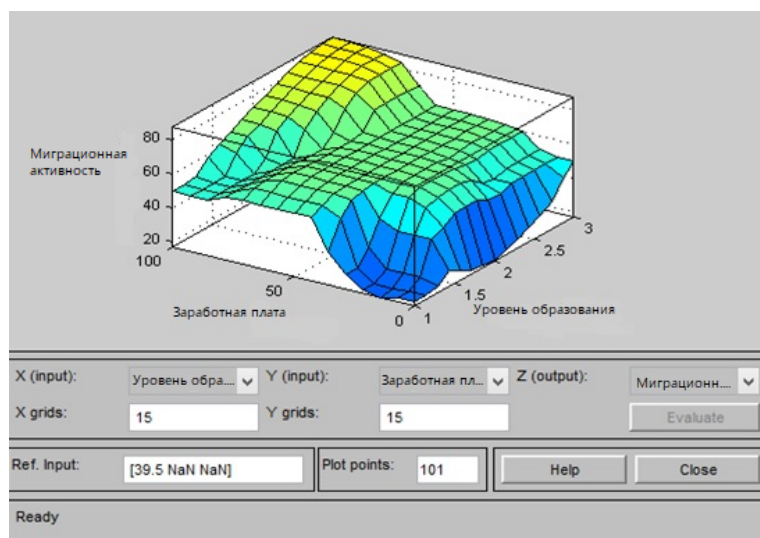


Рис. 1. Визуализация поверхности нечеткого вывода решений

В случае, если значение показателя желаемого уровня жизни агента «Человек» больше величины показателя фактического для региона, в котором он проживает, то для агента в модели рассчитывается вероятность миграции с помощью дискретного распределения Бернулли.

Вышеописанные результаты моделирования легли в основу построения имитационной модели, основными методологическими допущениями которого являются: 1) в основе разработанной модели лежит концепция описания поведения агента в среде, максимально приближенной к реальности. Основными агентами являются: «Человек», «Регион». Характеристики агента «Человек» включают в себя такие параметры, как пол, возраст, уровень знаний, занятость, желаемый уровень заработной платы и фактический уровень заработной платы. Агент «Регион» включает регионы Российской Федерации, с которыми происходит более 95% объема межрегиональной миграции с Республикой

Башкортостан. Каждый регион описывается социально-экономическими показателями, доступными из базы данных региональных органов Федеральной службы государственной статистики. Параметры этого агента варьируются в зависимости от динамики его изменения, заданных в начале первой итерации моделирования. Для оценки привлекательности региона был введен атрибут «Коэффициент привлекательности». Рассчитанные значения желаемых показателей уровня жизни населения сравниваются со значениями показателей уровня жизни региона; 2) органы власти могут влиять на социально-экономические показатели региона.

Перед началом компьютерных симуляций в модели инициализируются переменные, т.е., происходит загрузка начальных данных за отчетный период. Далее создаются агенты «Человек», «Регион» с индивидуальными характеристиками. Затем происходит перебор каждого агента в популяции «Человек».

На втором этапе в модели осуществляется оценка уровня привлекательности территории для агента «Регион» на основе формулы 1 [10]:

$$K_i = \sqrt[4]{(Z_{1i} \cdot 0,32 + Z_{2i} \cdot 0,29 + Z_{3i} \cdot 0,12 + Z_{4i} \cdot 0,11) \cdot 100},$$

где $Z_{1i}, \dots, Z_{4i}$ – значения соответствующей главной компоненты для i -го региона РФ; σ – вклад компоненты в общую дисперсию признаков.

Результат записывается в переменную «коэффициент привлекательности», полученное значение сопоставляется с границами интервалов принадлежности к кластерам и в переменную «номер кластера» записывается номер кластера, соответствующий этой территории.

На третьем этапе в агент-ориентированной модели осуществляется анализ предпочтительного уровня жизни для агента «Человек», который рассчитывается на основе индивидуальных предпочтений агентов. В состоянии «Формирование списка регионов» для каждого агента «Человек», исходя из его возраста, пола, уровня образования, желаемого и фактического уровня заработной платы определяется «Желаемый уровень жизни». Происходит сопоставление желаемого уровня жизни агента «Человек» текущему кластеру региона, в котором он проживает. Определяется миграционная подвижность населения (P_m) с использованием дискретного распределения вероятности Бернулли, генерирующим 1 (активен) с вероятностью успеха K_{2t} (коэффициент выбытия в период времени t), и 0 (не активен) с вероятностью отказа $q=1000-p$. Коэффициент выбытия, в свою очередь, рассчитывается для всех агентов «Человек» на основе социально-экономических показателей территории и отражает общую численность населения, принимающего участие в межрегиональной миграции.

Коэффициент рассчитывается на основе функции:

$$K_{2t} = -49.64 + 3.56 Y_1 - 183.36 Y_2 + 3.67 Y_3 - 1.14 Y_4,$$

где Y_1 – объем выбросов загрязняющих атмосферный воздух; Y_2 – отношение величины валового регионального продукта к величине валового внутреннего продукта; Y_3 – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя; Y_4 – коэффициент напряженности на рынке труда.

Если P_m равно единице и текущий регион проживания не соответствует желаемому уровню жизни, то для агента «Человек» реализуется

механизм поиска нового места жительства. Поиск осуществляется перебором регионов путем увеличения радиуса поиска на единицу. В случае нахождения территории с соответствующим уровнем привлекательности проверяется параметр «Наличие работы» у каждого агента. Когда значение параметра становится «нет», статус агента «Человек» более не меняется, происходит переход к следующему агенту популяции. Если значение параметра «да», то у агента проверяется параметр «Готовность мигрировать в другой регион». При значении параметра «да» агент становится мигрантом, ему присваивается соответствующий статус, и происходит переход к следующему агенту популяции «Человек». Значение параметра «нет» переводит модель к первому перебору регионов из списка, значение параметра желаемого уровня жизни агента уменьшается, сортировка регионов начинается заново. Если это не первый перебор регионов, то агент остается с прежним статусом и происходит переход к следующему агенту популяции «Человек».

Апробация модели. Следующим шагом разработки агент-ориентированной модели являются апробация и настройка модели (табл. 2). Для этого в качестве фактических данных использовались статистические данные по Республике Башкортостан, а в качестве расчетных данных выступают средние значения показателей модели по итогам 10 экспериментов.

Сопоставление фактических и прогнозных значений, согласно данным таблицы, свидетельствует о наличии прогнозной ошибки в пределах 8%, что подтверждает приемлемую прогностическую способность модели.

На основе разработанной модели взаимовлияния миграционной активности населения и экономического развития региона был осуществлен прогноз на 2030 г. по коэффициенту привлекательности и количеству выбывших из Республики Башкортостан. В рамках формирования прогноза динамики социально-экономического развития и миграции в регионах РФ были учтены 2 сценария развития ситуации: инерционный и оптимистичный. Инерционный вариант в целом предполагает сохранение сложившихся тенденций развития по всем основным социально-экономическим показателям на период до 2030 г. Оптимистичный сценарий предусматривает улучшение социально-эконо-

мической ситуации в Республике Башкортостан по сравнению со сложившимися тенденциями. Для оценки темпов роста социально-экономических показателей рассматривались лучшие результаты, достигнутые в регионе за предыдущие годы. Результаты полученных расчетов представлены в табл. 3.

Анализ полученных результатов реализации инерционного сценария показывает, что при сохранении сложившихся тенденций развития Республики Башкортостан до 2030 г., наблюдается повышение коэффициента привлекательности региона до 2.28, но вместе с этим сохранится тенденция к повышению миграции населения трудоспособного возраста в более развитые регионы.

Увеличение численности населения может потребовать дополнительных ресурсов для

обеспечения социальной инфраструктуры, развития сферы образования и медицинских услуг. Поэтому важно заранее разработать стратегии управления миграционными потоками, чтобы минимизировать негативные последствия и максимизировать выгоды для региона.

При оптимистичном сценарии можно наблюдать эффективность внедрения различных программ, направленных на улучшение социально-экономической ситуации в регионе. Одним из ключевых факторов, способствующих повышению коэффициента привлекательности, является создание новых рабочих мест и развитие инфраструктуры. Инвестиции в образование и здравоохранение также играют важную роль, поскольку высокий уровень жизни привлекает молодежь, которая стремится развиваться и строить карьеру на родной земле.

Т а б л и ц а 2

Результаты сопоставления ретроспективного прогноза и фактических данных по показателям численности населения и межрегиональной миграции, чел.

	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Численность населения					
Прогноз	3800804	3741103	3850780	3832212	3815207
Факт	4063293	4051005	4038151	4091621	4091621
Численность трудоспособного населения					
Прогноз	2192047	2163704	2133985	2162703	2113272
Факт	2270375	2304756	2278438	2328492	2296786
Число выбывших из Республики Башкортостан (межрегиональная миграция)					
Прогноз	43933	39334	34572	35339	36355
Факт	47129	42350	37315	38263	39087

Таблица 3

Результаты миграционного обмена Республики Башкортостан с другими регионами РФ по оптимистичному и инерционному прогнозным сценариям

Регион	Комплексный показатель социально-экономического развития	Количество выбывших, чел.	Комплексный показатель социально-экономического развития	Количество выбывших, чел.	Комплексный показатель социально-экономического развития	Количество выбывших, чел.
	2023 г. (факт)		2030 г. (инерционный сценарий)		2030 г. (оптимистичный сценарий)	
Республика Башкортостан	2.13	38837	2.28	43675	2.48	27165

Снижение количества выбывших трудоспособного возраста напрямую связано с улучшением условий труда и жизни. Когда регион предлагает стабильную экономическую среду и возможности для самореализации для населения, это приводит к уменьшению интенсивности миграционных потоков. Люди начинают видеть в своем регионе перспективы, что способствует их возвращению и активному участию в общественной жизни. Вместе с тем необходимо отметить, что при оптимистичном сценарии, чем больше людей приехало в регион, тем больше напряженность на рынке труда. С каждым годом повышения заработной платы по другим социально-экономическим показателям идет регресс из-за большого количества мигрантов и конкуренции на рынке труда, что говорит о необходимости построения более детальной модели с дополнительными социально-экономическими параметрами. В связи с этим актуальной становится разработка полнофункциональных имитационных моделей, которые позволяют моделировать регуляторные меры, влияющие на миграционное поведение населения, а сама модель позволяет учитывать как количественные, так и качественные аспекты принятия конкретных решений.

Заключение. Таким образом, предложенный инструментарий на основе синтеза методов нечеткой логики и многоагентного подхода позволяет исследовать причинно-следственную взаимообусловленность экономических и миграционных процессов, позволяя, в том числе, учитывать интересы государства и различных групп населения. Результаты расчетов показали, что территориальные особенности экономического развития, социальная инфраструктура играют значительную роль для миграционных процессов. Данные выводы обосновывают, что для эффективного управления миграционными потоками и обеспечения устойчивого развития региона необходим комплексный и сбалансированный подход, ориентированный на учет интересов всех участников, вовлеченных в эти сложные взаимодействия.

Формализация моделей миграционного поведения предоставляет возможность исследовать логику принятия решений по смене места жительства, учитывая как объективные экономические условия, так и субъективные предпочтения населения. Эти модели, в свою очередь, могут быть применены для долгосрочного

прогнозирования миграционных процессов и поэтапной адаптации к меняющимся экономическим условиям. Имитационная модель на основе многоагентного подхода и геоинформационных технологий позволяет в реальном времени симулировать сложные взаимодействия между миграционным поведением населения и экономическим развитием территорий. Проведенная оценка качества модели с использованием классических статистических методов обеспечивает приемлемую надежность результатов прогнозирования. В итоге, разработанные сценарные прогнозы взаимовлияния миграционной динамики населения и уровня экономического развития территорий будут способствовать созданию управляемых стратегий, направленных на оптимизацию миграционных процессов и оптимизацию условий для устойчивого развития регионов Российской Федерации в долгосрочной перспективе.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания УФИЦ РАН № 075-00571-25-00 на 2025 г. и на плановый период 2026 и 2027 гг.

Литература

1. Огородников П.И., Макарова Н.А. Моделирование миграционных потоков в регионе. Екатеринбург: Экономика региона, 2013. № 3. С. 168–176.
2. Якшибаева Г.В., Назарова У.А. Сущность трудовой миграции как экономической категории и ее значение для социально-экономического развития региона // Уровень жизни населения регионов России. 2016. № 3 (201). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-trudovoy-migratsii-kak-ekonomicheskoy-kategorii-i-ee-znachenie-dlya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona>
3. Топилин А.В., Воробьева О.Д., Максимова А.С. Воспроизводство трудового потенциала в период депопуляции 2019–2035 гг. и компенсирующая роль миграционного фактора // Статистика и экономика. 2019. № 5. С. 70–84.
4. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru>
5. Савина А.Л. Математическая модель принятия решений агентами в имитационной модели миграционных потоков. Научно-технический журнал. 2011. №6 (68). С. 66–72.
6. Огородников П.И., Макарова Н.А. Моделирование миграционных потоков в регионе. Екатеринбург: Экономика региона, 2013. № 3. С. 168–176.
7. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2001. 756 с.

8. Глобальная стратегия и план действий по проблеме старения и здоровья на 2016–2020 гг.: на пути к миру, в котором каждый человек имеет возможность прожить долгую и здоровую жизнь. Всемирная организация здравоохранения. Семьдесят третья сессия всемирной ассамблеи здравоохранения A73/INF./2 Пункт 15.1 предварительной повестки дня 5 мая 2020 г.: [Электронный ресурс]. URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA73/A73_I_NF2-ru.pdf

9. От 60 до 120: сколько зарабатывает средний класс в России. РБК: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/economics/18/06/2018/5b27bf829a794710796bbfe5?from=copy>

10. Низамутдинов М.М., Ахметзянова М.И. Оценка влияния уровня социально-экономического развития регионов России на динамику миграционных процессов на основе методов параметрического анализа // Регион: экономика и социология. 2023. №4. С. 170–193. DOI: 10.15372/REG20230407.

References

1. Ogorodnikov P.I., Makarova N.A. Modelirovaniye migratsionnykh potokov v regione. Ekaterinburg: Ekonomika regiona, 2013, no. 3. pp. 168–176.

2. Yakshibaeva G.V., Nazarova U.A. Sushchnost' trudovoy migratsii kak ekonomicheskoy kategorii i ee znachenie dlya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona // Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii. 2016, no. 3 (201). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-trudovoy-migratsii-kak-ekonomicheskoy-kategorii-i-ee-znachenie-dlya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona>

3. Topilin A.V., Vorob'eva O.D., Maksimova A.S. Vosproizvodstvo trudovogo potentsiala v period depo-

pulyatsii 2019–2035 gg. i kompensiruyushchaya rol' migratsionnogo faktora // Statistika i ekonomika, 2019, no. 5, pp. 70–84.

4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki: [Elektronnyy resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru>

5. Savina A.L. Matematicheskaya model' prinyatiya resheniy agentami v imitatsionnoy modeli migratsionnykh potokov // Nauchno-tekhnicheskii zhurnal, 2011, no. 6 (68), pp. 66–72.

6. Ogorodnikov P.I., Makarova N.A. Modelirovaniye migratsionnykh potokov v regione. Ekaterinburg: Ekonomika regiona, 2013, no. 3, pp. 168–176.

7. Shtovba S.D. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku. Vinnitsa: UNIVER-SUM-Vinnitsa, 2001, 756 p.

8. Global'naya strategiya i plan deystviy po probleme stareniya i zdorov'ya na 2016–2020 gg.: na puti k miru, v kotorom kazhdyy chelovek imeet vozmozhnost' prozhit' dolguyu i zdorovuyu zhizn'. Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya. Sem'desyat tret'ya sessiya vseмирной assamblei zdavookhraneniya A73/INF./2 Pункт 15.1 predvaritel'noy povestki dnya 5 maya 2020 g.: [Elektronnyy resurs]. URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA73/A73_I_NF2-ru.pdf

9. Ot 60 do 120: skol'ko zarabatyvaet sredniy klass v Rossii. RBK: [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.rbc.ru/economics/18/06/2018/5b27bf829a794710796bbfe5?from=copy>

10. Nizamutdinov M.M., Akhmetzyanova M.I. Ot-senka vliyaniya urovnya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossii na dinamiku migratsionnykh protsessov na osnove metodov parametricheskogo analiza // Region: ekonomika i sotsiologiya, 2023, no. 4, pp. 170–193. DOI: 10.15372/REG20230407.

FUZZY DECISION-MAKING ALGORITHMS IN A MULTI-AGENT MODEL FOR ASSESSING THE INTERACTION OF MIGRATION ACTIVITY OF THE POPULATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGION

© M.M. Nizamutdinov, M.I. Akhmetzyanova

Institute of Social and Economic Researches – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences,
69, prospect Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

The article analyzes the mutual relationship between the migratory activity of the population and economic development of the region, based on the systemic interdependence of dynamics of economic and migration processes at the regional level. The fuzzy model developed allows for more accurate modelling and analysis of choices and decisions of individuals, as well as scenario analyses. The simulation model of mutual migration activity of population and economic development of the region based on multi-agent modeling and geoinformation technologies was developed. Economic development of territories and migration level in the developed model was carried out.

Keywords: simulation model, migration, socio-economic development of the region, Republic of Bashkortostan, fuzzy logic.