

УДК 004.81

DOI 10.17513/snt.39973

АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ СИТУАЦИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ДОХОДОВ И РАСХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ КОХОНЕНА

Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р., Юсупов М.М.

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, e-mail: ea-makarova@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки алгоритма кластеризации ситуаций, который предполагает выделение двух уровней проведения нейросетевого анализа, различающихся по степени обобщенности описания ситуаций при корректировке доходов населения. При проведении нейросетевого анализа выполняется построение самоорганизующихся карт Кохонена и выделение на них критических зон с точки зрения необходимости принятия решений. Обучение нейронных сетей Кохонена производится на основе данных о результатах имитационных экспериментов, проводимых с динамической моделью процесса функционирования сектора домохозяйств. На основе построенной нейронной сети первого уровня сформированы кластеры ситуаций, отличающиеся друг от друга значениями макропоказателей. Разработаны нейронные сети второго уровня, предназначенные для анализа ситуаций, характерных при формировании располагаемого дохода и распределении расходов населения по различным направлениям. На основе нейронных сетей второго уровня сформированы кластеры, определяющие типовые пропорции в доходах и расходах населения, характерные для различных групп населения, выделенных путем децильной декомпозиции. С помощью построенных самоорганизующихся карт выявлены кластеры благоприятных и неблагоприятных ситуаций, сформулированы их профили, сформированы цепочки перехода между кластерами. Предложенный алгоритм кластеризации ситуаций целесообразно применять в процессе разработки систем поддержки принятия решений по корректировке различных видов доходов населения при реализации мер социальной политики.

Ключевые слова: домохозяйства, доходы, расходы, нейронные сети, кластер, самоорганизующиеся карты

CLUSTERING ALGORITHM FOR SITUATIONS IN THE FORMATION OF INCOME AND EXPENSES OF THE POPULATION BASED ON KOHONEN NEURAL NETWORKS

Makarova E.A., Zakieva E.Sh., Gabdullina E.R., Yusupov M.M.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, e-mail: ea-makarova@mail.ru

Annotation. The article discusses the issues of developing an algorithm for clustering situations, which involves the allocation of two levels of neural network analysis, differing in the degree of generalization of the description of situations when adjusting the income of the population. When conducting neural network analysis, self-organizing Kohonen maps are constructed and critical zones are allocated to them from the point of view of the need for decision-making. The training of Kohonen neural networks is based on data on the results of simulation experiments conducted with a dynamic model of the functioning of the household sector. Based on the constructed neural network of the first level, clusters of situations are formed that differ from each other in the values of macro indicators. Second-level neural networks have been developed to analyze situations characteristic of the formation of disposable income and the distribution of household expenses in various directions. On the basis of second-level neural networks, clusters have been formed that determine typical proportions in income and expenditure of the population, characteristic of various population groups identified by decile decomposition. Using the constructed self-organizing maps, clusters of favorable and unfavorable situations were identified, their profiles were formulated, and chains of transition between clusters were formed. The proposed algorithm for clustering situations should be used in the process of developing decision support systems for adjusting various types of income of the population in the implementation of social policy measures.

Keywords: households, income, expenses, neural networks, cluster, self-organizing maps

Для решения проблемы повышения уровня жизни и снижения дифференциации доходов населения необходимо проведение исследований, направленных на изучение различий в объемах получаемых доходов населения, структуры доходов населения и потребительских расходов, характерных особенностей децильных или квинтильных групп населения, а также динамических особенностей формирования расходов населения в зависимости от получаемых доходов [1, 2].

Исследованию проблем моделирования и управления процессами формирования доходов населения посвящены многие исследования, в которых рассматриваются задачи анализа региональных различий в доходах и расходах домохозяйств; выявления различных взаимосвязей между факторами, влияющими на потребление населения; выбора вариантов реализации потребительно-ориентированного сценария экономического роста; анализа путей снижения дифференциации доходов насе-

ления и роста уровня жизни [3, 4]. Интерес представляют исследования, посвященные разработке программных комплексов для моделирования и управления взаимосвязанным функционированием отраслей экономики и населения на мезо- и макроуровнях на основе применения динамического, агентно-ориентированного и нейросетевого подходов [5, 6].

В рамках проводимых исследований ведется разработка системы интеллектуальной поддержки принятия решений и имитационного динамического моделирования (СИППР и ИДМ) доходов и расходов сектора домохозяйств, который функционирует во взаимосвязи с другими секторами макроэкономической системы [7, 8]. В работе макроэкономическая система рассматривается как организационная система макроуровня, которая: представлена взаимосвязанными по финансовым потокам секторами экономики; включает контуры управления финансовыми потоками на основе обработки и анализа информации о значениях макропоказателей; а также имеет в своем составе управляющую часть, функцию которой выполняют органы государственного регулирования, встроенные в контуры верхних уровней управления и реализующие различные политики управления [7, 9].

В СИППР и ИДМ выделены три подсистемы: подсистема имитационного динамического моделирования (ИДМ) процессов формирования доходов и расходов децильных групп домохозяйств, подсистема анализа ситуаций и подсистема формирования управленческих решений по корректировке доходов населения [10].

Подсистема ИДМ включает семь блоков, предназначенных для моделирования динамических процессов функционирования четырех секторов экономики (реального сектора, сектора домохозяйств и банковского и государственного секторов) и трех макроэкономических рынков (рынка благ, труда и денег). Динамические модели секторов и макроэкономических рынков представлены в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений и программно реализованы в среде MATLAB. Подсистема анализа ситуаций предназначена для формирования кластеров макроэкономических ситуаций, отличающихся по характеристикам доходов и расходов домохозяйств, декомпозированных на децильные группы населения. Формирование кластеров осуществляется с использованием методов компонентного, кластерного и нейросетевого анализа [11]. Обучение нейронных сетей производится на основе данных о результатах имитационных экспериментов, прово-

димых с динамической моделью процесса функционирования сектора домохозяйств. Подсистема анализа ситуаций реализована на языке Matlab с использованием аналитической платформы Deductor Academic. Подсистема формирования управленческих решений предназначена для вывода правил принятия решений в области социальной политики, направленной на повышение уровня жизни. В этой подсистеме используются нейро-нечеткие модели и модели инженерии знаний, разработанные в среде MATLAB и среде Resolver.

Разработанное единое программное обеспечение СИППР и ИДМ реализовано в среде MATLAB, в котором ввод исходных данных, формирование базы данных экспериментов (БДЭ) и взаимодействие всех подсистем СИППР и ИДМ обеспечивается в рамках единого интерфейса.

В статье рассматриваются вопросы разработки подсистемы анализа ситуаций, выявление которых необходимо для подготовки принятия решений по корректировке доходов населения.

Поскольку экспериментальные данные являются неразмеченными, то для проведения анализа ситуаций целесообразно применение методов кластеризации. Среди множества методов кластеризации известны, в частности, методы иерархического группирования, оптимизационные, сетевые и модельные методы, а также нейросетевые методы [12]. Для разрабатываемой системы целесообразным является применение нейронных сетей Кохонена, что обусловлено не только наглядностью пространственного расположения кластеров ситуаций, но и возможностью построения траекторий управляемого движения системы по кластерам в соответствии с ранее предложенной методологией управления воспроизводственным процессом макроуровня [7].

Цель проводимых исследований состоит в разработке алгоритма кластеризации макроэкономических ситуаций, возникающих в процессе динамического моделирования процесса функционирования сектора домохозяйств (ДМХ) в составе макроэкономической системы (МС) с учетом декомпозиции сектора ДМХ на децильные группы населения. Применение алгоритма позволяет выявить кластеры благоприятных и неблагоприятных ситуаций, определить их характеристики и сформировать профили кластеров и цепочки перехода между ними, что необходимо для формирования правил принятия решений по корректировке различных видов доходов населения в рамках реализации мер социальной политики. Разработка алгоритма ведется на основе приме-

нения нейронных сетей (НС) Кохонена и построения самоорганизующихся карт (СОК).

Материалы и методы исследования

Исходными данными для проведения анализа доходов и расходов домохозяйств на основе предложенного алгоритма кластеризации являются данные о результатах проведения имитационных экспериментов с динамической моделью поведения населения (подсистема ИДМ), которые заносятся в БДЭ.

Особенности разработанного алгоритма кластеризации макроэкономических ситуаций состоят в следующем.

Во-первых, обучение нейронных сетей Кохонена производится на основе данных из БДЭ. Объектами обучающих выборок являются ситуации, возникающие при проведении сценарных исследований поведения сектора ДМХ в составе МС. Определение моментов времени для занесения вектора состояний МС в базу данных экспериментов (БДЭ) выполняется либо аналитиком в автоматизированном режиме, либо автоматически. В последнем случае используются специальные программы мониторинга текущих отклонений в балансовых соотношениях по всем секторам МС [10].

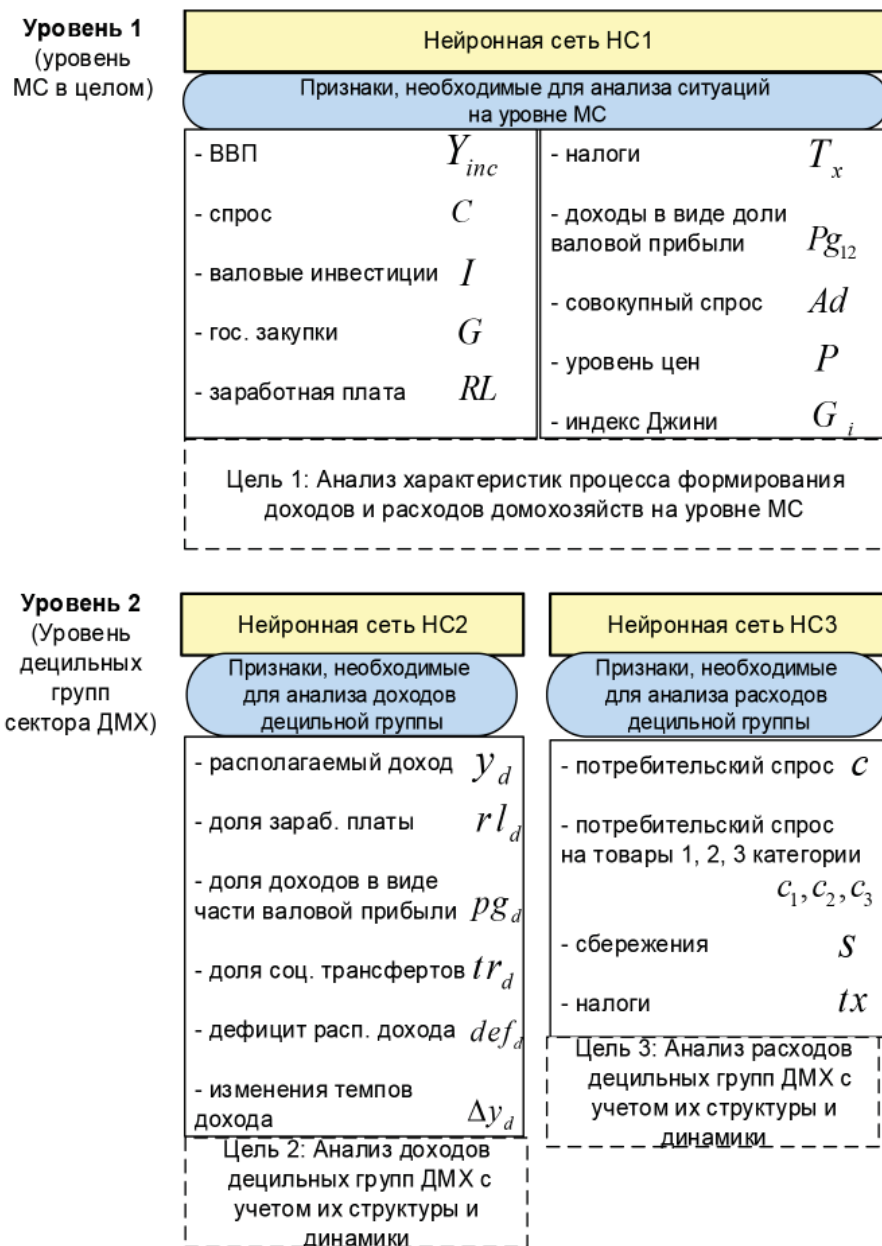


Рис. 1. Уровни анализа процессов формирования доходов и расходов ДМХ при разработке нейронных сетей

Во-вторых, при формировании обучающих выборок должны быть учтены признаки, которые характеризуют как структурные особенности, так и динамические особенности процесса формирования доходов и расходов населения. Для учета структурных особенностей используется ряд признаков, характеризующих различные составляющие доходов (например, оплата труда, доходы от собственности) и расходов (например, расходы на потребление, сбережение) сектора ДМХ, которые представлены в относительных единицах. Для учета динамических особенностей в качестве признаков используются как темпы формирования доходов и расходов и их составляющих, так и объемы запасов ресурсов секторов экономики.

В-третьих, алгоритм предполагает проведение нейросетевого анализа на двух уровнях рассмотрения процесса функционирования ДМХ, различающихся по степени обобщенности описания ситуаций при корректировке доходов населения (рис. 1). На первом, верхнем уровне производится анализ ситуаций на уровне всей МС в целом с использованием макропоказателей; по результатам проведения экспериментов составляется база данных первого уровня БДЭ1, разрабатывается нейронная сеть НС1, строятся самоорганизующиеся карты СОК1. На втором, нижнем уровне выполняется анализ на уровне децильных групп сектора ДМХ, при этом анализируются вначале структурные и динамические особенности доходов, а затем расходов децильных групп сектора ДМХ. По результатам экспериментальных исследований составляются базы данных второго уровня БДЭ2 и БДЭ3, разрабатываются нейронные сети НС2 и НС3, строятся самоорганизующиеся карты СОК2 и СОК для анализа структурных пропорций в доходах и расходах ДМХ, а также динамических особенностей доходов и расходов сектора ДМХ соответственно (с учетом децильной декомпозиции). При формировании БДЭ2 и БДЭ3 учитываются ситуации, отражающие структурные и динамические особенности, присущие разным децильным группам населения.

Алгоритм кластеризации ситуаций включает шесть шагов.

На шаге 1 выполняется разработка НС1 Кохонена для кластеризации неравновесных ситуаций на уровне МС в целом. В процессе выполнения этого шага формируется БДЭ1, на основе которой производится обучение НС1 и построение СОК1. Особенностями разработанных СОК1 является возможность построения траекторий движения МС в виде цепочек перехо-

да по кластерам неравновесных ситуаций из области неблагоприятных ситуаций к области благоприятных ситуаций.

В процессе построения СОК может быть принято решение о повторном построении НС и СОК в случае, если построенные СОК не удовлетворяют требованиям качества кластеризации. Решения состоят либо в повторной визуализации с измененным количеством кластеров (без переобучения), либо в повторном обучении с изменением параметров обучения и даже состава признаков, либо, как самый неблагоприятный вариант, в пересмотре постановки задачи для нейросетевой кластеризации ситуаций и существенном изменении состава признаков и сценариев имитационных экспериментов.

На шаге 2 выполняется анализ построенных СОК1 кластеров неравновесных ситуаций, выявляются критические зоны в виде множества кластеров ситуаций, требующих дополнительного анализа и принятия решений. Результат шага – формирование характеристик неблагоприятных k^0 кластеров.

Далее для каждого k -го кластера, $k = 1 \div k^0$, организуется цикл, предназначенный для проведения следующей кластеризации каждого k -го выделенного кластера ситуаций на втором уровне – уровне децильных групп сектора ДМХ.

На шаге 4 выполняется разработка НС2 для кластеризации ситуаций, характеризующих динамику и структуру доходов децильных групп; используется БДЭ2; визуализируются кластеры ситуаций на СОК2, формулируются структурно-динамические характеристики кластеров по доходам, определяются профили кластеров, строятся цепочки возможных переходов между кластерами.

На шаге 5 выполняются аналогичные действия с использованием БДЭ3, только задача этого шага состоит в разработке НС3 для кластеризации ситуаций, характеризующих динамику и структуру расходов децильных групп ДМХ, а также построение СОК3.

На заключительном шаге 6 выполняется сопоставление структурно-динамических характеристик доходов и расходов сектора ДМХ, полученных по результатам выполнения шагов 4 и 5, с целью уточнения перечня и характерных особенностей выявленных кластеров ситуаций, требующих принятия управленческих решений.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе предложенного алгоритма построены самоорганизующиеся карты Кохонена СОК1 для кластеризации ситуаций на верхнем уровне, выделено шесть кластеров (рис. 2).

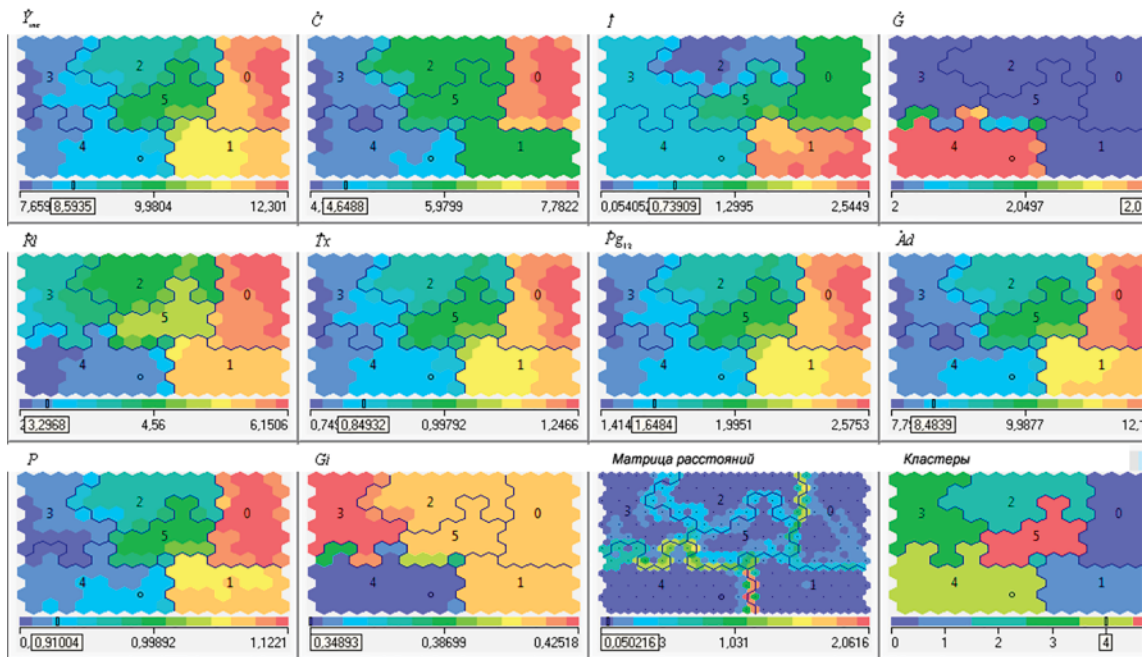


Рис. 2. СОКИ макроэкономических ситуаций на верхнем уровне (уровне МС в целом)

Необходимо отметить, что при разработке НС1, НС2 и НС3 использованы признаки, указанные выше (рис. 1).

Кластер 5_1 , расположенный по центру карт, объединяет множество ситуаций, отражающих значения макропоказателей МС, близких к плановым. Далее этот кластер рассматривается как область плановых состояний МС. Нижний индекс номера кластера соответствует номеру построенных СОК.

Кластер 0_1 ситуаций значительного роста экономики расположен в правом верхнем углу карт и характеризуется увеличением всех экономических индикаторов состояния МС за исключением госрасходов G . Возникновение ситуаций, относящихся к кластеру 0_1 , может происходить по причине увеличения темпов различных потоков макроэкономического кругооборота за счет привлечения дополнительных экономических ресурсов, например, в виде увеличения инвестиций или потребительских расходов [11]. Необходимо отметить, что признаки, являющиеся *темпами* потоков, обозначены на картах с использованием точки над идентификатором. В тексте для удобства оперирования точка в обозначениях не используется.

Кластер 1_1 ситуаций умеренного роста расположен в правом нижнем углу карт и объединяет множество ситуаций со значениями темпов финансовых потоков МС, незначительно превышающих плановые. Так, например, потребление C и государствен-

ные закупки G незначительно отклоняются от плановых, тогда как инвестиции I и совокупная заработная плата R имеют значения, превышающие плановые.

Кластер 2_1 расположен в верхней части карт и объединяет ситуации, соответствующие незначительной рецессии МС, обусловленной негативным влиянием снижения валовых инвестиций I . Все перечисленные кластеры характеризуются незначительными отличиями степени дифференциации доходов, выраженной индексом Джини G_i , о чем свидетельствует однородность окраски карты G_i для кластеров $0_1, 1_1, 2_1, 5_1$.

Кластеры 4_1 и 3_1 расположены в левой части карт и отражают ситуации глубокой рецессии, происходящей на фоне изменения структуры распределения доходов домохозяйств по децильным группам, что отражено в увеличении значения индекса Джини (карта G_i) для кластера 3_1 и снижении значения индекса Джини для кластера 4_1 при принятии решений по увеличению государственных расходов (карта G) для поддержки населения.

В целом показано, что улучшение макроэкономической конъюнктуры наблюдается при движении текущего состояния МС от левой границы к правой границе карт. Кластеры благоприятных ситуаций (плановых, незначительного роста, интенсивного роста), расположенные в правой части карт, объединяют сценарии потребительски-ориентированного и других видов роста и об-

разуют область экономического роста. Сценарий потребительски-ориентированного роста реализуется путем построения цепочки управляемых переходов между кластерами: $3_1-4_1-5_1-0_1$, согласно которой движение из области глубокой рецессии (кластер 3_1) должно происходить за счет принятия решений по увеличению государственных расходов G в направлении кластера 4_1 , далее к области плановых состояний (кластер 5_1), и только затем к кластеру 0_1 экономического роста.

Основной интерес с точки зрения принятия решений представляют ситуации кластеров 3_1 и 4_1 , отражающие состояние рецессии МС и сопровождающиеся изменением степени дифференциации населения. Эти два кластера относятся к критической зоне с точки зрения необходимости принятия решений и рассматриваются далее при проведении анализа на следующих шагах алгоритма.

Построены СОК2 ситуаций для анализа динамики и структуры доходов децильной группы ДМХ (рис. 3).

На СОК2 выделено четыре кластера. Основной отличительной особенностью кластера 0_2 является наличие дефицита денежного дохода, наблюдаемого на карте def , а также низкого темпа формирования рас-

полагаемого дохода y_d и высокой доли социальных трансфертов tr_d в структуре доходов. Эти ситуации присущи, как правило, первой и второй децильным группам ДМХ (бедного населения) с характерными для них пропорциями в доходах населения.

Ситуации кластера 2_2 характеризуются более высоким по сравнению с кластером 0_2 уровнем располагаемого дохода y_d , а также большей долей оплаты труда rl_d в структуре доходов. Кластер 3_2 , помимо увеличенного по сравнению с предыдущими кластерами темпа располагаемого дохода y_d , характеризуется ростом доли доходов от собственности pg_d и снижением доли социальных трансфертов tr_d . Эти ситуации и характерные пропорции в доходах присущи группам населения со средним достатком и состоятельным слоям (с третьей по восьмую децильные группы).

Кластер 1_2 характеризуется высоким уровнем располагаемого дохода y_d и высокой долей заработной платы rl_d и высокой долей доходов в виде части валовой прибыли pg_d , обусловленной снижением вклада социальных трансфертов tr_d в структуру располагаемого дохода. Такая структура доходов присуща, как правило, девятой и десятой группе ДМХ (богатых слоев населения).

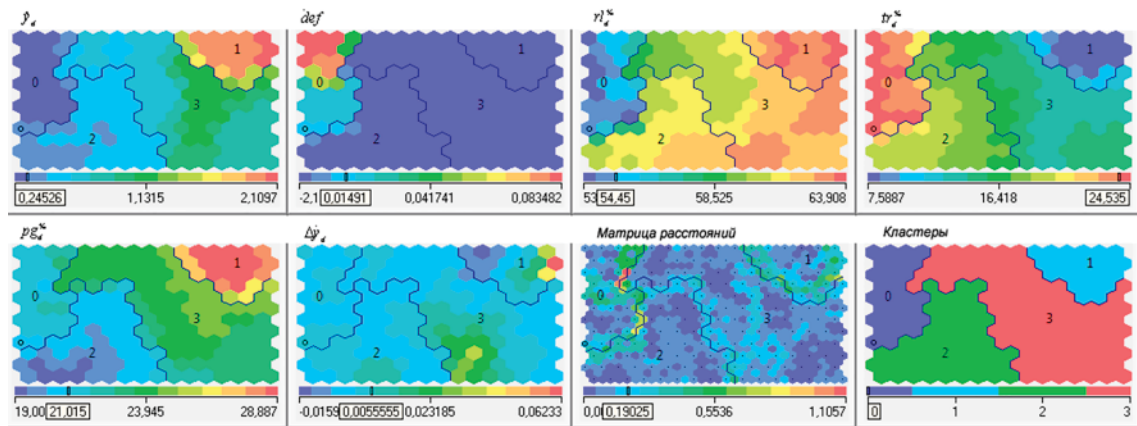


Рис. 3. СОК2 макроэкономических ситуаций для анализа доходов децильной группы ДМХ

Таблица 1

Профили кластеров СОК2

Кластер \ Признак	y_d	rl_d	tr_d	pg_d	def_d	Δy_d
0_2	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>AA, H</i>	<i>BA</i>
2_2	<i>L, BA</i>	<i>A</i>	<i>AA</i>	<i>BA</i>	<i>AA</i>	<i>BA</i>
3_2	<i>A, AA</i>	<i>A, AA</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>BA, L</i>
1_2	<i>AA, H</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>H</i>

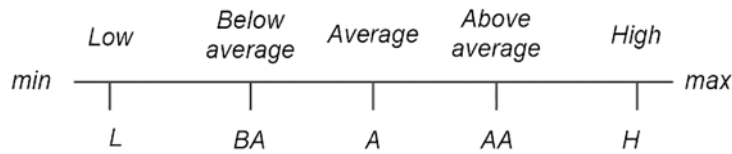


Рис. 4. Порядковая шкала изменения значений признаков для СОК2 и СОК3

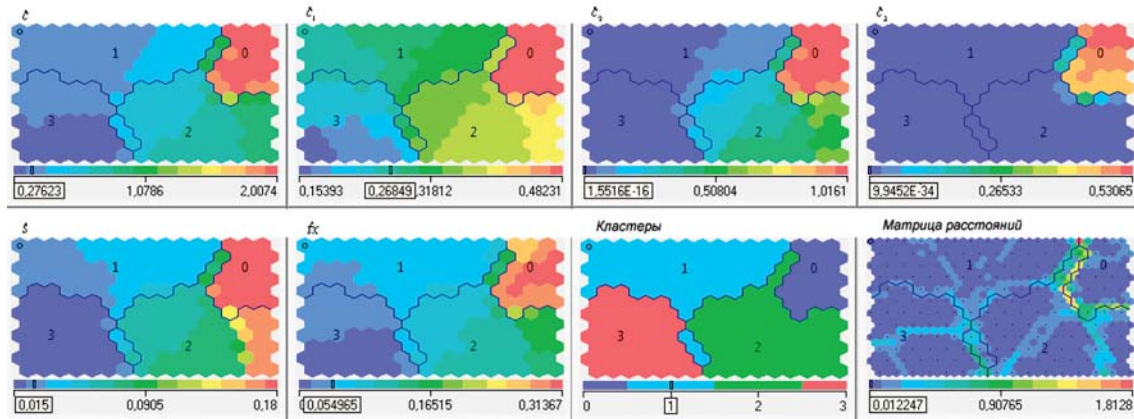


Рис. 5. СОК3 макроэкономических ситуаций для анализа расходов децильной группы ДМХ

Сформированы профили построенных кластеров СОК2, которые приведены в табл. 1, при этом использована шкала описания признаков (рис. 4).

Анализ построенных в результате обучения НС2 кластеров и их профилей позволяет выделить следующие тенденции в формировании доходов для различных ситуаций, характеризующих структуру и динамику доходов децильной группы населения. Во-первых, значения темпов формирования располагаемого дохода изменяются в направлении их роста при переходе от левой части карт к правой в соответствии с цепочкой кластеров $0_2-2_2-3_2-1_2$. Во-вторых, при таком движении структура доходов видоизменяется следующим образом: постепенно увеличивается доля заработной платы (карта rl_d) в структуре доходов (в направлении к кластеру 1_2), также постепенно снижается доля социальных трансфертов (карта tr_d) и увеличивается доля доходов от собственности (карта pg_d). При этом дефицит располагаемого дохода (карта def_d) наблюдается только в кластере 0_2 .

Построены СОК3 макроэкономических ситуаций для анализа динамики и структуры расходов сектора ДМХ (рис. 5). В СОК3 учитывается декомпозиция расходов на приобретение товаров первой необходимости (первая категория), товаров длительного пользования (вторая категория) и предметов роскоши (третья категория) согласно модели Энгеля – Торнквиста [5]. Также

к расходам домохозяйств относятся темпы формирования сбережений s и налоговых отчислений tx . На СОК3 выделено четыре кластера.

Кластер 3_3 агрегирует ситуации, для которых характерен низкий уровень потребительского спроса c . В этих ситуациях домохозяйства потребляют исключительно товары первой необходимости c_1 , что подтверждается близкими к нулю значениями функций потребления товаров второй категории c_2 и предметов роскоши c_3 . Ситуации кластера 1_3 отличаются от ситуаций кластера 3_3 увеличенным темпом и расширенной структурой потребления, включающей в себя потребление также и товаров второй необходимости, что отражено на карте c_2 . Кластер 2_3 характеризуется сохранением тенденций увеличения объемов потребления без расширения его структуры. Кластер 0_3 включает ситуации, присущие группам домохозяйств, потребляющих весь спектр товаров и услуг с наибольшим темпом, что выражено красным цветом на картах темпов потребления товаров всех категорий c_1, c_2, c_3 . Сформированы профили кластеров, характеризующие пропорции в распределении расходов, которые представлены в табл. 2.

Анализ профилей кластеров показал, что рост темпов расходов населения происходит при управляемых переходах по следующей цепочке кластеров $3_3-1_3-2_3-0_3$, одновременно происходит и расширение структуры потребительских расходов.

Таблица 2

Профили кластеров СОКЗ

Кластер \ Признак	c	c_1	c_2	c_3	s	tx
3_{22}	L, BA	L, BA	L	L	L	L, BA
1_{22}	BA	A	L, BA	L	BA	BA
2_{22}	A, AA	A, AA	A	L	A, AA	A, AA
0_{22}	H	H	H	H	H	H

Эта тенденция соответствует, как правило, последовательной смене децильных групп ДМХ, начиная от беднейших и заканчивая богатыми слоями населения.

Сопоставление кластеров ситуаций, построенных с помощью нейронных сетей НС2 и НС3, и их профилей позволяет проводить анализ по следующим направлениям.

Во-первых, это выявление взаимосвязей между кластерами доходов НС2 и расходов НС3 с учетом макроэкономической конъюнктуры, определяемой кластерами, построенными по НС1. Примерами выявляемых взаимосвязей доходов и расходов могут являться:

– наиболее распространенные сочетания ситуаций для децильной группы ДМХ, характеризующиеся низким (высоким) уровнем доходов и низким (высоким) уровнем расходов с их характерными структурными и динамическими характеристиками;

– редкие сочетания переходных состояний децильной группы ДМХ, характеризующиеся высоким уровнем доходов и более низким уровнем расходов, на фоне низких запасов населения с их положительной динамикой; этот переходный процесс соответствует началу роста доходов децильной группы ДМХ, когда увеличения темпов и расширения структуры потребления еще не произошло;

– редкие сочетания переходных состояний децильной группы ДМХ, характеризующиеся высоким уровнем расходов и более низким уровнем доходов, на фоне низких запасов с их отрицательной динамикой; такой переходный процесс отражает начинающиеся сокращения доходов децильной группы ДМХ, которые не успели отразиться на сокращении расходов.

Во-вторых, это выявление причин отклонений состояний ДМХ от плановых значений в виде нарушений структурных пропорций в доходах и расходах, а также изменений динамических характеристик. Анализ причин позволяет подготовить правила принятия управленческих решений

и оценить степень значимости принимаемых решений по увеличению темпов доходов и их составляющих при достижении цели обеспечения роста потребительских расходов населения в целом.

Заключение

Таким образом, предложен алгоритм кластеризации ситуаций, который предполагает выделение двух уровней проведения нейросетевого анализа, различающихся по степени обобщенности описания ситуаций при корректировке доходов населения. При проведении нейросетевого анализа выполняется построение самоорганизующихся карт Кохонена и выделение на них критических зон с точки зрения необходимости принятия решений. На основе построенной нейронной сети первого уровня сформированы кластеры ситуаций, отличающиеся друг от друга значениями макропоказателей. На основе разработанных нейронных сетей второго уровня сформированы кластеры, определяющие пропорции в доходах и расходах населения, которые характерны для различных групп населения, выделенных путем децильной декомпозиции. С помощью построенных самоорганизующихся карт выявлены кластеры благоприятных и неблагоприятных ситуаций и их профили, сформированы цепочки перехода между кластерами. Предложенный алгоритм кластеризации ситуаций целесообразно применять в процессе разработки систем поддержки принятия решений по корректировке различных видов доходов населения при реализации мер социальной политики.

Список литературы

1. Шайдуллина Р.М., Степанова Р.Р. Основные тенденции социально-экономического неравенства и уровня бедности населения на примере Республики Башкортостан // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 2. С. 92–100.
2. Боголюбова Н.П. Факторы распределения дохода домашних хозяйств на цели потребления и сбережений в условиях современной России: теоретический анализ // Фундаментальные исследования. 2016. № 3–3. С. 547–551.

3. Хвостова И.Е., Новак А.Е. Особенности динамики потребления в моделях общего равновесия: роль привычек потребления // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. № 3 (285). С. 49–60.
4. Несытых К.В., Малахов В.А., Дубынина Т.Г. Многоагентные межотраслевые модельные исследования зависимости экономики России от мировых цен на нефть // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2017): материалы X международной конференции (Москва, 2–4 октября 2017 г.). М.: ИПУ РАН, 2017. Т. 1. С. 70–75.
5. Малахов В.А., Несытых К.В. Агентно-ориентированный подход к межотраслевому моделированию развития экономики России в среднесрочной перспективе // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016): материалы IX международной конференции (Москва, 03–05 октября 2016 г.). М.: ИПУ РАН, 2016. Т. 1. С. 49–61.
6. Бахтизин А.Р., Макаров В.Л., Максаков А.А., Сушко Е.Д. Демографическая агент-ориентированная модель России и оценка ее применимости для решения практических управленческих задач // Искусственные общества. 2021. Т. 16. Вып. 2. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800015357-1-1/> (дата обращения: 07.02.2024).
7. Димов Э.М., Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Ефтонова Т.А., Гиздатуллина Э.С. Методология системного динамического моделирования и управления функционированием многоотраслевого производственного комплекса в рамках воспроизводственного процесса макроуровня // Инфокоммуникационные технологии. 2018. Т. 16, № 1. С. 81–96.
8. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р. Методологические основы моделирования и интеллектуального управления промышленным комплексом как сложным динамическим многоагентным объектом // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11-2. С. 288–293.
9. Бурков В.Н., Губко М.В., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Теория управления организационными системами и другие науки об управлении организациями // Проблемы управления. 2012. № 4. С. 2–10.
10. Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Валитов Р.Р., Гиздатуллина Э.С. Структура и алгоритмы системы интеллектуальной поддержки управления процессом функционирования сектора домохозяйств // Программные продукты и системы. Издательство: ЗАО НИИ «Центрпрограммсистем» (Тверь). 2018. Т. 31, № 1. С. 218–224.
11. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Солнцев О.В. Технология формирования кластерной структуры сектора малого и среднего предпринимательства на основе метода главных компонент // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 51–57.
12. Чочиева А.С., Пилецкий И.И. Выбор алгоритмов кластеризации // BIG DATA и анализ высокого уровня (MLSD'2016): материалы VI международной конференции (Минск, 20–21 мая 2020 г.). Минск: БГУИР, 2020. С. 281–293.