

Математическое моделирование качества жизни населения: методологические и методические аспекты

Анна Мухачёва*, Анатолий Акулов, Наталья Грязнова, Галина Подзорова

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Информация о статье

Поступила в редакцию:

13.12.2020

Принята
к опубликованию:

24.02.2021

УДК 330.59: 330.12: 330.163

JEL I 31

Ключевые слова:

математическое моделирование, качество жизни, регион, социально-экономические системы, методический инструментарий, прогнозирование, экономическое развитие, социальное развитие

Keywords:

mathematical modeling, quality of life, region, socio-economic systems, methodological tools, forecasting, economic development, social development

Аннотация

Основной целью статьи является теоретическое рассмотрение методов математического моделирования качества жизни населения, в частности, структурного моделирования (в целях выявления взаимосвязей его гетерогенных параметров) и метода анализа иерархий Саати (в целях интегрирования данных). Апробация метода структурного моделирования на примере качества жизни населения Кемеровской области позволила сформировать ряд графически формализованных математических моделей-схем взаимосвязи и взаимовлияния различных индикаторов.

Mathematical Modeling of the Quality of Life of the Population: Methodological and Methodological Aspects

Anna Mukhacheva, Anatoly Akulov, Natalia Gryaznova, Galina Podzorova

Abstract

The main purpose of the article is a theoretical consideration of the methods of mathematical modeling of the quality of life of the population. The text presents the main theoretical research approaches to the study of this issue. Particular attention is paid to the method of structural modeling to describe the socio-economic development of the territory, the quality of life of the population in order to identify the relationships of its heterogeneous parameters. Another methodological tool in this article is the Saaty hierarchy analysis method for data integration. This method is one of the expert methods and involves a pairwise comparison of indicators of the quality of life of the population according to a predetermined scheme with subsequent numerical transformations. As a result, it was possible to obtain a two-level system of indicators of the quality of life of the population (within the framework of the indicator blocks and when calculating the integral value).

Approbation of the method of structural modeling on the example of the quality of life of the population of the Kemerovo region made it possible to form several graphically formalized mathematical models-schemes of the relationship and mutual influence of various indicators. Among them are structural models of indicators of the social sphere, the impact of indicators of economic development on the integral blocks of the quality of life of the population, the impact of factors of economic development on

* Автор для связи: Oblakkko@mail.ru

DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-1/37-49>

demographic indicators, the labor market, environmental protection and law and order, the social sphere, an integral indicator of the quality of life.

Thus, structural modeling made it possible to identify and visualize the explicit and latent relationships between various blocks of the quality of life and indicators of the level of economic development (private, factorial). The results are in good agreement with the revealed patterns in the process of regression analysis, but they also allow obtaining new data.

Введение

Сложность моделирования социально-экономических систем обусловлена многоаспектностью, обилием и неоднозначностью взаимосвязей ключевых параметров экономической и социальной природы (сложно формализуемых культурных, этнических, психологических факторов), широким перечнем входных и выходных переменных, внешних и внутренних сигналов [1]. При этом сохраняется актуальность формирования подобных моделей в связи со снижающимся уровнем и качеством жизни населения России в последние годы, особенно в связи с экономическим кризисом, вызванным пандемией коронавирусной инфекции [2, 3].

Основной целью статьи является теоретическое рассмотрение методов математического моделирования качества жизни населения, в частности, структурного моделирования (в целях выявления взаимосвязей его гетерогенных параметров) и метода анализа иерархий Саати (для интегрирования данных). Апробация метода структурного моделирования на примере качества жизни населения Кемеровской области позволила сформировать ряд графически формализованных математических моделей-схем взаимосвязи и взаимовлияния различных индикаторов.

Материалы и методы исследования

Регион является сложной социально-экономической системой, которая характеризуется большим количеством разнородных переменных и обратных связей, а также объединяет в себе непрерывно протекающие, дискретные и вероятностные процессы. Для осуществления управления такой сложной системой требуется соответствующий инструментарий. Традиционные количественные методы трудно применимы для описания сложных систем и прогнозирования их состояния в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В современной практике математического анализа все чаще можно встретить обращение к методам структурного моделирования (SEM). SEM (structural equation modeling) представляет собой метод моделирования структурными уравнениями. Также его называют структурным моделированием, анализом ковариационных структур, каузальным моделированием. Структурное моделирование представляет собой совокупность методов многомерного анализа, позволяющих изучать взаимосвязи между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми явлениями (переменными) [4]. Изобретателями метода были К. Йореског, В. Кислинг, Д. Уайли.

SEM объединяет в себе методы корреляции, множественной регрессии, факторного анализа, общих линейных моделей (ковариационный и дисперсионный анализ). Данная методика основана в большей степени на дедуктивной (конфирматорной логике) в противоположность индуктивной (эксплораторной) [5].

Применение SEM предполагает предварительное построение структурной модели направленных и ненаправленных связей между изучаемыми конструктами с целью ее дальнейшей проверки на соответствие эмпирическим данным, а также дальнейшей коррекции средствами SEM. Структурное моделирование позволяет построить когнитивную карту объекта исследования [6]. Когнитивный подход к математическому моделированию рассматривается многими

зарубежными исследователями как один из наиболее эффективных инструментов математической формализации [7].

SEM считается крайне сложным методом, требующим подкованности в статистическом анализе, знании множества технических деталей, методологических основ анализа. Однако очень эффективным [8, 9]. На текущий момент по популярности он превзошел часто применяемый ранее исследователями метод дисперсионного анализа (ANOVA). SEM снимает вопросы изменения факторной нагрузки при их корреляции, что служит дополнительным преимуществом метода [10].

Применение SEM предполагает введение экзогенных (независимых) и эндогенных (зависимых) переменных. Экзогенные переменные могут коррелировать между собой, что обозначается двунаправленной стрелкой. Причины изменчивости экзогенной переменной в той или иной степени учитываются в модели, поэтому следует предполагать часть ее дисперсии, не учтенной в модели. Поэтому для эндогенной переменной является обязательным добавление ошибки.

Помимо двусторонней корреляции между переменными, обозначаемой двусторонней стрелкой, наблюдаются также односторонние (причинно-следственные, каузальные связи) [11]. Для каждой предполагаемой причинной связи вычисляется путь коэффициент – стандартизированный коэффициент регрессии (β -коэффициент). Стандартизованные коэффициенты регрессии показывают, на сколько единиц изменится в среднем результат, если соответствующий фактор изменится на одну единицу при неизменном среднем уровне других факторов [12]. Стандартизованные коэффициенты регрессии сравнимы между собой, что позволяет ранжировать факторы по силе их воздействия на результат. β -коэффициенты показывают, на сколько сигм (средних квадратических отклонений) изменится в среднем результат за счет изменения соответствующего фактора x_i на одну сигму при неизменном среднем уровне других факторов.

Существует два эквивалентных способа задать модель – графически, с помощью диаграммы, или с помощью системы линейных уравнений множественной регрессии и ковариационных соотношений. На структурных диаграммах латентные переменные обозначаются овалами, а наблюдаемые прямоугольниками.

В структурных моделях латентные переменные обозначаются буквой F (factor – фактор), а наблюдаемые V (variable – переменная).

Факт, что переменная X детерминирует переменную Y, на графике обозначаемый односторонней стрелкой, задается следующим структурным уравнением:

$$Y = aX + E_Y \quad (1)$$

где a – это коэффициент детерминации, E_Y – остаточный член.

Факт корреляции (ковариации) переменных X и Y устанавливается как $(X, Y) = b$. Значения параметров a и b могут быть определены заранее, исходя, например, из результатов каких-либо предыдущих исследований, данных наблюдений или предполагаются к оценке в ходе анализа модели. В последнем случае эти коэффициенты заменяются звездочками [13].

В структурном моделировании задаются или оцениваются ковариации (корреляции) только независимых переменных.

Согласованность и качество сформированной модели оценивается в SEM с помощью разных показателей, основным из которых являются критерий правдоподобия хи-квадрат, ошибку аппроксимации RMSEA, сравнительный индекс согласия CFI [14].

Так, критерий хи-квадрат считается соответствующим норме при $p < 0.05$ (хорошее согласие). RMSEA в идеальном варианте должен быть менее, либо

равен 0,05 (хорошее согласие), если значение показателя меньше, либо равно 0,08 говорят о приемлемом уровне, в пределах от 0,08 до 1,0 – о слабом уровне согласия, более 0,1 – его отсутствии. Нормативное значение CFI – более 0,9.

Программным обеспечением для структурного моделирования выступает надстройка AMOS к SPSS Statistic. Альтернативными, но менее известными продуктами являются LISREL, EQS. Объектно-ориентированный интерфейс программы AMOS SPSS позволяет трансформировать модели без обращения к сложным матричным вычислениям.

В отличие от множественной регрессии вместо корреляционной матрицы исходной информацией анализа выступает ковариационная матрица, где каждая составляющая — ковариация x и y . При этом в ковариационной матрице учитываются не только связи переменных, но и их дисперсии (изменчивость признака).

Существует несколько способов формирования апостериорной модели и ее идентификации:

1) модель путей (несколько независимых и зависимых переменных, некоторые переменные могут выступать в статусе и зависимых, и независимых переменных),

2) конфирматорный факторный анализ (связь между переменными обусловлена их совместной изменчивостью — фактором как латентной переменной),

3) структурная модель (априорная модель пошагово задается и апостериорно корректируется — определяется структура взаимовлияний).

Большинство авторов (В. Вугне, Р. Кline и др.) выделяют 5 шагов, или этапов, применения SEM:

1. Формирование модели. Как правило, модель изображает графически априорные представления исследователя о структуре направленных и ненаправленных связей измеряемых переменных и латентных конструкторов. При этом решают, какие параметры модели (связи, дисперсии) оставлять свободными (будут оцениваться), а какие жестко зафиксировать (как 0 или 1).

2. Идентификация модели. На этом этапе определяется соотношение между тем, что именно будет оцениваться (свободные параметры), и исходной информацией, содержащейся в данных (ковариации, дисперсии). Понятно, что исходной информации должно быть достаточно, а свободных параметров — не слишком много.

3. Оценка модели. На этом шаге выбирается метод оценки параметров модели (преимущественно в зависимости от характера исходных данных).

4. Проверка согласованности модели. Модель проверяется на соответствие исходным данным с использованием многочисленных индексов соответствия, которые оценивают величину расхождения между исходными данными и тем, что предсказывает модель.

5. Коррекция модели. Изменение модели с целью достижения ее соответствия исходным данным производится одним из двух способов: добавлением новых связей, исключением незначимых связей [15].

Применение латентно-структурной модели позволяет определить не только каузальные направленные взаимосвязи параметров, но и показать, как взаимодействующие переменные усиливают или ослабляют влияние других индикаторов. Данный метод исключителен в отношении исследования сложных системных феноменов [16]. Данная методика более предпочтительна при подтверждении или опровержении теоретических моделей на основе количественных процедур.

В целях апробации метода структурного моделирования для формализации качества жизни населения региона, его взаимосвязи с уровнем экономического развития используем открытые статистические данные по Кемеровской области,

включающих 9 экономических и 16 социальных показателей за 2003–2018 гг. (16 лет).

Показатели качества жизни охватывают следующие блоки: демография (естественный прирост, промилле; ожидаемая продолжительность жизни, лет; миграционный прирост, на 10 000 человек населения; отношение числа разводов на 1000 браков); уровень жизни (реальные денежные доходы, % к предыдущему году; масштаб бедности, %; коэффициент фондов (дифференциации), раз); образование (численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, на 10 000 чел. населения; охват детей дошкольными образовательными учреждениями, в процентах от численности детей соответствующего возраста); здравоохранение (численность врачей на 10 000 населения; общая заболеваемость, случаев на 1000 человек населения); культура (число зрителей в профессиональных театрах на 1000 человек); рынок труда (уровень безработицы, %); экология (выбросы в атмосферу от стационарных источников, тонн на душу населения); охрана правопорядка (число зарегистрированных преступлений, на 100 000 человек населения).

Показатели уровня экономического развития и затрат на социальную сферу, согласно выбранному перечню, включают индекс физического объема ВРП на душу населения, % к предыдущему году; индекс промышленного производства, % к предыдущему году; число предприятий и организаций; число созданных передовых производственных технологий; удельный вес расходов на социально-культурные мероприятия в общем объеме расходов консолидированного бюджета, %; индекс физического объема инвестиций в основной капитал, % к предыдущему году; удельный вес убыточных предприятий; ВРП в сопоставимых ценах; инвестиции в основной капитал в сопоставимых ценах.

Сформированный перечень показателей был разделен на две группы, в зависимости от того, рост или снижение выбранных индикаторов приводит к повышению качества жизни населения. Это позволило применить к исходным данным дифференцированные формулы стандартизации (нормирования) по методу минимакса [17]. Произведенные расчеты позволили получить набор сопоставимых показателей социально-экономического развития, измеренных по единой шкале однозначно интерпретируемых в своей динамике (рост каждого показателя трактуется положительно).

Для интеграции показателей качества жизни был применен метод анализа иерархий Саати. Метод анализ иерархий был предложен Томасом Саати в 1970 году для выбора оптимальной альтернативы на основе личностных предпочтений. Метод входит в группу экспертных и критериальных методов.

Помимо оценки и выбора альтернатив при принятии решений метод содержит в себе эффективный логический инструментарий для агрегирования частных характеристик изучаемого объекта с возможностью построения его интегрального значения на основе определяемых экспертным путем весовых коэффициентов.

Для составления первичной матрицы необходимо осуществить попарное сравнение индикаторов с точки зрения их значимости для формирования интегрального показателя качества жизни с последующим преобразованием в баллы. Сравнение проходит по следующей системе: равно, безразлично = 1; немного лучше (хуже) = 3 (1/3); лучше (хуже) = 5 (1/5); значительно лучше (хуже) = 7 (1/7); принципиально лучше (хуже) = 9 (1/9).

Также могут использоваться промежуточные баллы 2, 4, 6, 8 в ситуациях, где иное дифференцирование затруднено.

Составим матрицу экспертных оценок, полученных на основе попарного сравнения значимости частных индикаторов для формирования общего качества жизни, где a_{ij} – отношение критерия i к критерию j ; $a_{ji} = 1/a_{ij}$; $a_{ii} = 1$. Полученные результаты представлены в таблице 8 в дробном виде.

Далее необходимо найти сумму элементов по столбцам (результаты отражены в таблице 12 в последней строке в десятичных числах).

$$S_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{nj} \quad (2)$$

На следующем этапе делим все элементы исходной матрицы оценок на сумму по столбцам (производим нормировку матрицы).

$$A_{ij} = a_{ij} / S_j \quad (3)$$

Интеграция показателей качества жизни производилась по двухуровневой структуре: изначально рассчитывались данные по блокам (демография, уровень жизни и т.д.), затем производилась дополнительная свертка для определения итогового показателя.

Расчеты производились в программных продуктах SPSS Statistics (версия 19,0), SPSS Amos, Statistica, Ms Excell.

Результаты исследования

Применим метод структурного моделирования для описания сложных взаимосвязей различных аспектов качества жизни и показателей уровня экономического развития на основе выделенной структуры показателей с помощью расчетов в SPSS Amos.

Структурное моделирование позволило получить качественную согласованную модели социальной сферы (рисунок 1). Качество модели подтверждено показателями критерий хи-квадрат, RMSEA, CFI. Над однонаправленными стрелками от интегрального показателя социальной сферы к частным индикаторам указаны факторные нагрузки. При этом показатель общей заболеваемости отрицательно связан с численностью врачей (-0,51) и младенческой смертностью (-0,44). Имеется отрицательная корреляция между показателями ошибки (влияния других факторов) показателей общей заболеваемости и числа зрителей театров (-0,6). По другим блокам качества жизни согласованные модели построить не удалось. Корреляционная матрица, параметры регрессионного анализа и соответствия модели представлены в табл. 1-4. Указанные данные приведены для примера, при описании дальнейших моделей они опускаются.



Рис. 1. Структурное моделирование показателей социальной сферы
 Источник: составлено авторами

Таблица 1

Полная корреляционная матрица

| | VAR00013 | VAR00014 | VAR00008 | VAR00007 | VAR00006 | VAR00005 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| VAR00013 | 1.000 | | | | | |
| VAR00014 | -.763 | 1.000 | | | | |
| VAR00008 | -.518 | .824 | 1.000 | | | |
| VAR00007 | -.658 | .868 | .935 | 1.000 | | |
| VAR00006 | .518 | -.824 | -.965 | -.936 | 1.000 | |
| VAR00005 | .008 | -.431 | -.694 | -.594 | .694 | 1.000 |

Источник: составлено авторами

Таблица 2

Описание переменных

| Переменная | Описание переменной |
|------------|---|
| VAR00005 | Численность врачей |
| VAR00006 | Численность студентов |
| VAR00007 | Число зрителей театров |
| VAR00008 | Охват детей дошкольн образ учреждениями |
| VAR00013 | Общая заболеваемость |
| VAR00014 | Младенческая смертность |

Источник: составлено авторами

Таблица 3

Структурные (регрессионные) коэффициенты

| | | Estimate | S.E. | C.R. | P |
|----------|-------------|----------|-------|---------|-------|
| VAR00013 | ← SOC_SFERA | -0.472 | 0.2 | -2.36 | 0.018 |
| VAR00005 | ← SOC_SFERA | -0.77 | 0.143 | -5.389 | *** |
| VAR00006 | ← SOC_SFERA | -1.014 | 0.073 | -13.851 | *** |
| VAR00007 | ← SOC_SFERA | 1.102 | 0.108 | 10.234 | *** |
| VAR00008 | ← SOC_SFERA | 1 | | | |
| VAR00014 | ← SOC_SFERA | 0.51 | 0.106 | 4.821 | *** |

Примечание: Estimate – стандартизированная оценка коэффициента; S.E. – стандартная ошибка; C.R. – критическое отношение; P – уровень значимости

Источник: составлено авторами

Таблица 4

Показатели соответствия модели

| CMIN | DF | P | CMIN/DF | GFI | CFI | RMSEA |
|-------|----|-------|---------|-------|-------|-------|
| 3.990 | 6 | 0.678 | 0.665 | 0.922 | 1.000 | 0.000 |

Источник: составлено авторами

Произведем оценку возможностей формирования математических моделей, описывающих влияние показателей экономического развития на отдельные блоки качества жизни и его интегральный показатель.

Была сформирована модели влияния конкретных частных экономических показателей на интегральные блоки качества жизни (рис. 2). Показатели согласованности модели близки к нормативным. В рамках данной модели показано, что, например, удельный вес убыточных предприятий отрицательно связан с уровнем жизни (стандартизированный коэффициент регрессии -0,43), индекс физического объема ВРП в большей степени влияет на социальную сферу (0,57), ВРП в сопоставимых ценах влияет на демографию (0,46) и рынок труда (0,57), удельный вес расходов на социально-культурные мероприятия влияют на демографию (0,68) и рынок труда (0,57). При этом удельный вес убыточных предприятий имеет высокую отрицательную взаимосвязь с показателем ВРП в сопоставимых ценах (-0,92). Интерпретация полученных результатов логично обуславливается сущностью показателей, что является дополнительным доказательством верности модели.

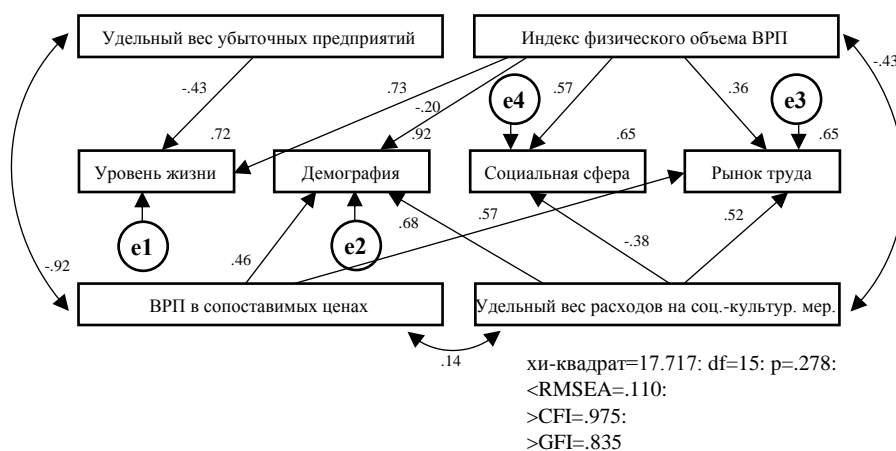


Рис. 2. Структурное моделирование воздействия показателей экономического развития на интегральные блоки качества жизни населения

Источник: составлено авторами

Далее были сформированы структурные модели влияния частных экономических показателей на различные интегральные блоки качества жизни: демографию (рис. 3), рынок труда (рис. 4), охрану экологии и правопорядка (рис. 5), социальную сферу (рис. 6), общий показатель качества жизни (рис. 7). Все модели имеют высокую согласованность.

На демографические показатели в большей степени влияет удельный вес расходов на социальную сферу (коэффициент корреляции 0,76), ВВП в сопоставимых ценах (0,3), удельный вес убыточных предприятий (-0,17).

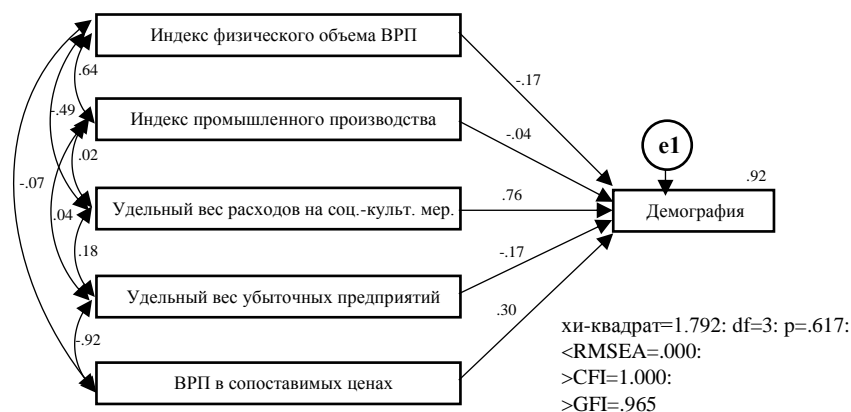


Рис. 3. Структурное моделирование воздействия факторов экономического развития на демографические показатели

Источник: составлено авторами

На показатели рынка труда, согласно полученной структурной модели, в большей степени влияет удельный вес расходов на социально-культурные мероприятия (коэффициент корреляции 0,73), индекс физического объема ВВП (0,65), ВВП в сопоставимых ценах (0,58).

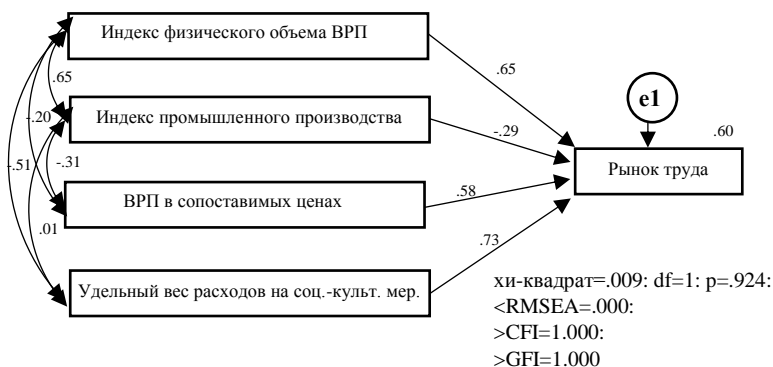


Рис. 4. Структурное моделирование воздействия факторов экономического развития на рынок труда

Источник: составлено авторами

На показатели охраны экологии и правопорядка в большей степени влияет удельный показатель ВВП в сопоставимых ценах (-0,64, отрицательная зависимость), удельный вес затрат на социальную политику (-0,31, отрицательная зависимость), удельный вес убыточных предприятий (0,23, положительная

зависимость). Таким образом, уровень экономического развития отрицательно связан с показателями охраны экологии и правопорядка в угледобывающем регионе, что вполне объяснимо, учитывая возрастающую техногенную нагрузку на окружающую среду вследствие роста объема производимой продукции.

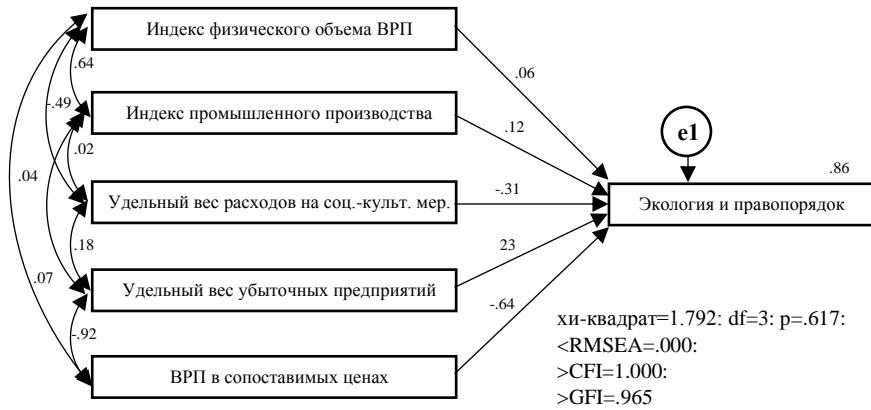


Рис. 5. Структурное моделирование воздействия факторов экономического развития на охрану экологии и правопорядка

Источник: составлено авторами

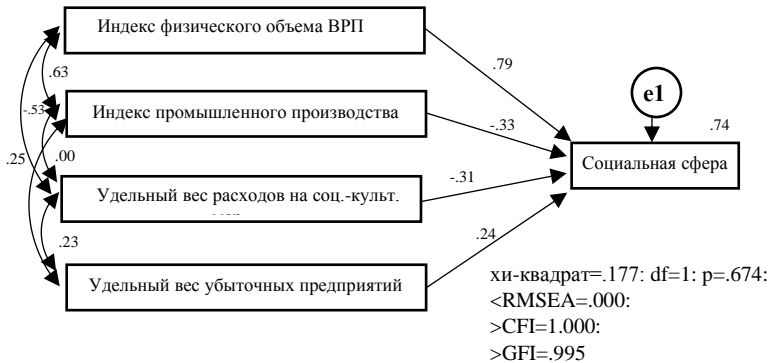


Рис. 6. Структурное моделирование воздействия факторов экономического развития на социальную сферу

Источник: составлено авторами

Сформированная модель влияния экономических индикаторов на интегральный показатель качества жизни населения, рассчитанный методом анализа иерархий Саати, представлен на рис. 7.

В наибольшей степени на интегральный показатель качества жизни, рассчитанный методом анализа иерархий Саати влияют удельный вес убыточных предприятий (-0,66, отрицательная зависимость), удельный вес расходов на социально-культурные мероприятия (0,59, положительная зависимость), индекс физического объема ВРП (0,56, положительная зависимость). Следовательно, указанные показатели, согласно результатам структурного моделирования, можно рассматривать как управляющие при повышении качества жизни населения.

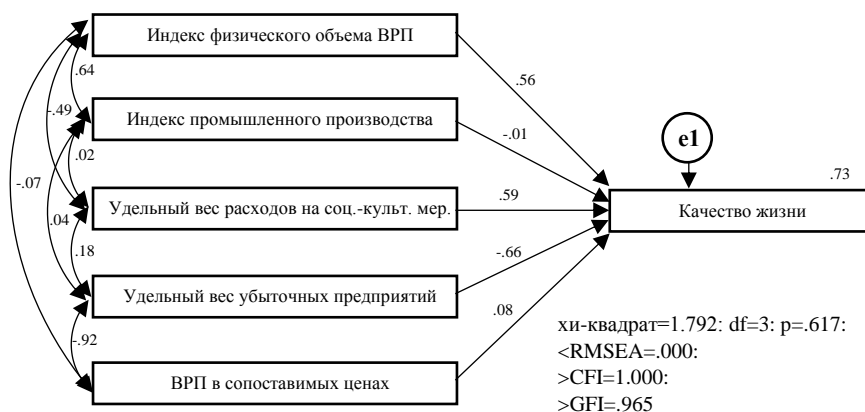


Рис. 7. Структурное моделирование воздействия факторов экономического развития на интегральный показатель качества жизни

Источник: составлено авторами

Выводы

Таким образом, структурное моделирование позволило выявить и наглядно представить явные и латентные взаимосвязи между различными блоками качества жизни и показателями уровня экономического развития (частными, факторными). Результаты хорошо согласуются с выявленными закономерностями в процессе регрессионного анализа, но позволяют получить также новые данные.

SEM был выбран в качестве инструмента математического моделирования из-за его преимуществ над регрессионным моделированием, включающих более гибкие допущения (в частности, возможности интерпретации даже при наличии мультиколлинеарности), использование конфирматорного факторного анализа для снижения ошибки измерения благодаря наличию множества индикаторов для каждой латентной переменной, лучшее визуальное представление модели, возможности тестирования моделей в целом.

Результаты структурного моделирования позволили выявить латентные переменные (социальная сфера), сформировать качественные математические модели отдельных блоков качества жизни населения региона и влияния на них показателей экономического развития, а также – экономической детерминации интегрального показателя качества жизни населения.

Были выявлены экономические показатели, которые можно рассматривать как управляющие при регулировании качества жизни населения – удельный вес убыточных предприятий, удельный вес расходов на социально-культурные мероприятия, индекс физического объема ВВП. Каждый из указанных показателей, определяет около 60% дисперсии значений качества жизни населения региона, согласно структурной модели. Следовательно, именно на их регуляцию должны быть направлены усилия региональных органов власти для интенсификации социально-экономического развития территории и улучшения жизни ее граждан.

Список источников / References

1. Морозова Е.А., Мухачёва А.В. Региональная социально-экономическая дифференциация в контексте экономического кризиса (на примере регионов Сибирского федерального округа) // Сибирская финансовая школа. – 2016. – № 5 (118).

- С. 33-40 [Morozova E.A., Muhachjova A.V. Regional'naja social'no-jekonomicheskaja differenciacija v kontekste jekonomicheskogo krizisa (na primere regionov Sibirskogo federal'nogo okruga) // Sibirskaja finan-sovaja shkola. – 2016. – № 5 (118). – S. 33-40]
2. Акулов А.О., Челомбитко А.Н. Теория и методология стратегической модернизации промышленных регионов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2020. Т. 5. № 1 (15). С. 62-73 [Akulov A.O., Chelombitko A.N. Teorija i metodologija strategičeskoj modernizacii promyšlennyh regionov // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Politicheskie, sociologičeskie i jekonomičeskie nauki. 2020. T. 5. № 1 (15). S. 62-73]
 3. Morozova E., Egorova N., Miller O. Social risks in cross-border regions: the case of Siberian federal district // Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions: Economic, Social and Security Challenges. Altai State University. 2019. 574-578
 4. Окрепилов, Р.И. Основы структурного моделирования в психологии и педагогике: учебное пособие для студентов и аспирантов психологических и педагогических специальностей вузов. – Воронеж: ВГПУ, 2012. – 122 с. [Okrepilov, R.I. Osnovy strukturnogo modelirovanija v psihologii i pedagogike: uchebnoe posobie dlja studentov i aspirantov psihologičeskih i pedagogičeskih special'nostej vuzov. – Voronezh.: VGPU, 2012. – 122 s.]
 5. Наследов, А.Н. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. СПб., 2013. 416 с. [Nasledov, A.N. IBM SPSS Statistics 20 i AMOS: professional'-nyj statističeskij analiz dannyh. SPb., 2013. 416 s.]
 6. Ильясов, Б.Г., Е.Ш. Закиева Модель управления качеством окружающей среды как компонентом качества жизни // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Т. 18. – № 3 (64). – С. 196-202 [Il'jasov, B.G., E.Sh. Zakieva Model' upravlenija kachestvom okru-zhajushhej sredy kak komponentom kachestva zhizni // Vestnik Ufinskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tehničeskogo universiteta. – 2014. – T. 18. – № 3 (64). – S. 196-202]
 7. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton University Press, 1976
 8. Lehtonen H., Barlund I., Tattari S., Hilden M. Combining dynamic economic analysis and environmental impact modelling: addressing uncertainty and complexity of agricultural development // Environmental modelling & soft-ware, 2007. 22(5). 710-718
 9. Митина О.В. Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений // Экспериментальная психология. 2008. №1. – С. 131-148 [Mitina O.V. Modelirovanie latentnyh izmenenij s pomoshh'ju strukturn-yh uravnenij // Jeksperimental'naja psihologija. 2008. №1. – С. 131-148]
 10. Остапенко Р.И. Особенности моделирования латентных изменений с помощью AMOS SPSS // Перспективы Науки и Образования. 2014. №1. – С. 89-95 [Ostapenko R.I. Osobennosti modelirovanija latentnyh izmenenij s pomoshh'ju AMOS SPSS // Perspektivy Nauki i Obrazovanija. 2014. №1. – S. 89-95]
 11. Исмиханов, З.Н., Г.У. Магомедбеков Модели прогнозирования основных социально-экономических показателей развития региона // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-2. – С. 392-397 [Ismihanov, Z.N., G.U. Magomedbekov Modeli prognozirovanija osnovnyh social'no-jekonomičeskih pokazatelej razvitija regiona // Fundamental'nye issledovanija. – 2016. – № 10-2. – S. 392-397]
 12. Ostapenko R.I. The Statistical Factor Analysis Determined the Professional Competence of Students-Psychologists. Voprosy filosofii i psihologii, 2014. 2. 2. 60-67
 13. Калажиков Х.Х., Ф.Х. Увижева Оценка качества жизни как задача квалиметрии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2016. – № 6 (74). – С. 38-44 [Kalazhikov H.H., F.H. Uvizheva Ocenka kachestva zhizni kak zadacha kvalimetrii // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. – 2016. – № 6 (74). – S. 38-44]

14. Овсянникова, О.А. Статистический анализ факторов, детерминирующих профессиональную компетентность студентов – будущих психологов // Перспективы Науки и Образования. 2014. №6(12). С. 190-195 [Ovsjanni-kova, O.A. Statisticheskij analiz faktorov, determi-nirujushhijh professional'nuju kompetentnost' studentov – budushhijh psi-hologov // Perspektivy Nauki i Obrazovanija. 2014. №6(12). S. 190-195]
15. Наследов, А.Н. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. СПб., 2013. 416 с. [Nasledov, A.N. IBM SPSS Statistics 20 i AMOS: professio-nal'nyj statisticheskij analiz dannyh. SPb., 2013. 416 s.]
16. Сагалакова О., Труевцов Д., Сагалаков А. Латентно-структурный анализ в исследовании нарушений когнитивной регуляции аффекта в ситуациях оценивания при антивитаальной направленности поведения в под-ростковом возрасте // Известия Алтайского государственного университета, 2015. 1. № 3/1(87). С. 81-85 [Sagalakova O., Truevcov D., Sagalakov A. Latentno-strukturnyj analiz v issledovanii narushenij kognitivnoj regu-ljaciei affekta v situacijah ocenivaniya pri antivital'noj napravlenosti pove-denija v podrostkovom vozraste // Izvestija Altajskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015. 1. № 3/1(87). S. 81-85]
17. Айвазян С.А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в соци-ально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях. – М.: ЦЭМИ РАН. – 2000. – С. 117 [Ajvazjan S.A. Integral'nye indikatory kachestva zhizni nase-lenija: ih postroenie i ispol'zovanie v social'no-jekonomicheskom uprav-lenii i mezhregional'nyh sopostavlenijah. – М.: СJeMI RAN. – 2000. – S. 117]

Сведения об авторах / About authors

Мухачёва Анна Валентиновна, канд. экон. наук, доцент, кафедра менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет. 650056 Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47. ORCID ID 0000-0002-3720-4969. *E-mail: Oblakkko@mail.ru*
Anna V. Mukhacheva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, I.P. Povarich, Kemerovo State University. 47 Builders Boulevard, Kemerovo, Russia 650056. ORCID ID 0000-0002-3720-4969. *E-mail: Oblakkko@mail.ru*

Акулов Анатолий Олегович, канд. экон. наук, доцент, кафедра менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет. 650056 Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47. ORCID ID 0000-0002-2301-7943. *E-mail: akuanatolij@yandex.ru*
Anatoly O. Akulov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, I.P. Povarich, Kemerovo State University. 47 Builders Boulevard, Kemerovo, Russia 650056. ORCID ID 0000-0002-2301-7943. *E-mail: akuanatolij@yandex.ru*

Грязнова Наталья Леонидовна, канд. экон. наук, доцент, кафедра менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет. 650056 Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47. *E-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru*
Natalia L. Gryaznova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, I.P. Povarich, Kemerovo State University. 47 Builders Boulevard, Kemerovo, Russia 650056. *E-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru*

Подзорова Галина Анатольевна, канд. экон. наук, доцент, кафедра менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет. 650056 Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47. *E-mail: pga-555@yandex.ru*
Galina A. Podzorova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, I.P. Povarich, Kemerovo State University. 47 Builders Boulevard, Kemerovo, Russia 650056. *E-mail: pga-555@yandex.ru*