

# АНАЛИЗ СОПУТСТВУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

А. Зубарев, с.н.с., РАНХиГС,  
О. Луговой, ведущий научный сотрудник, РАНХиГС,  
В. Поташников, с.н.с., РАНХиГС,  
К.Шилов, н.с., РАНХиГС

Концепция устойчивого развития в современном ее понимании сформулирована комиссией ООН по окружающей среде и развитию (известной также как «комиссия Брунталлан») в 1987 г. как «удовлетворение потребностей настоящего времени, которое не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Данная формулировка резюмирует международные дебаты 1970-х и 1980-х годов о лимитах роста и необходимости перехода к «развитию без разрушения» и способствовала принятию 193-мя государствами – членами ООН девяти «Целей развития тысячелетия» в 2001 г., их пересмотру и расширению до семнадцати «Целей устойчивого развития» (здесь и далее – ЦУР) в 2015 г. с горизонтом планирования до 2030 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Сформулированные 17 целей характеризуют развитие общества в экономических, социальных и экологических размерностях, каждое из которых важно для достижения гармоничного, сбалансированного, или устойчивого развития. Комплексность понятия осложняет его количественную и качественную формализацию, идентификацию самого прогресса, движения в том или ином направлении по каждой из целей. Резолюцией ООН 71/313 [1] к каждой Цели определены задачи, решение которых характеризует движение в сторону достижения Целей, и также набор индикаторов, призванных количественно охарактеризовать прогресс по каждому направлению. Всего в данном документе обобщено 356 таких индикаторов, при этом некоторые из них имеют несколько уровней разбивки информации. Единая сводная таблица по всем существующим и собираемым индикаторам содержится на сайте подразделения статистики ООН [2].

Многогранность понятия устойчивого развития, изобилие задач и индикаторов их достижения поднимает ряд вопросов, в числе которых оптимизация траектории устойчивого развития, выбор приоритетов. Даже если считать все 17 целей равносильно важными либо определить веса для интегрального показателя, остается вопрос о связях между целями, задачами или индикаторами развития. Являются ли они абсолютно независимыми или коррелированными, возможно ли достижение одной из целей или задач независимо от других? Если некоторые из целей связаны, то является ли эта корреляция положительной или отрицательной? Возможна ли ситуация, когда стремление к одной из целей приведет к отставанию или деградации в других? Возможно ли достижение определенных целей без решения других? Все эти вопросы важны для выбора приоритетов в разработке стратегий, формулировании государственной политики достижения целей.

В данном исследовании мы пытаемся рассмотреть лишь часть из данных вопросов, а именно коррелированности и возможности совместного достижения некоторых из целей, анализируя исторические данные о развитии, выявляя возможные корреляции между показателями и факторами, которые могут влиять на достижение целей либо сопутствовать их достижению. В качестве инструментария мы используем методологию моделирования структурных уравнений (structural equation modeling,

SEM), позволяющую оценивать латентные переменные и направления влияния переменных в модели<sup>1</sup>. По сути, данная статья является логическим продолжением работы [5], где также можно найти более подробный обзор литературы по использованию данной методологии.

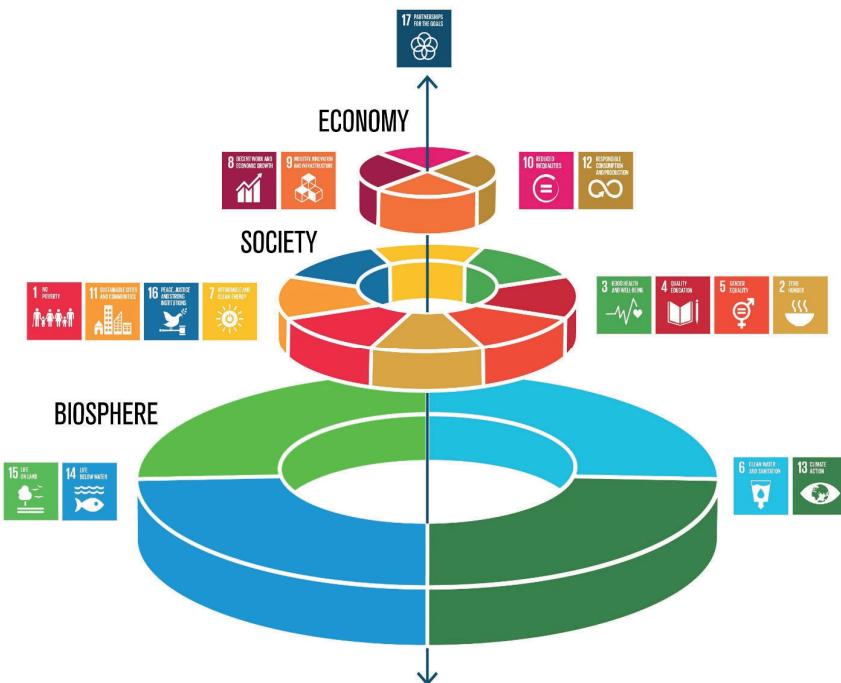
## ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Целью приведенного ниже статистического анализа является выявление взаимосвязей между индикаторами развития и широким набором сопутствующих характеристик.

Построение моделей, которые оценивают устойчивость развития стран, осложнена отсутствием формальных, в том числе приближенных, агрегированных показателей устойчивости развития наподобие использования ВВП, пусть и с советующими оговорками, как показателя экономического развития. Полнота информации по различным индикаторам значительно варьируется в части представленных в выборке стран и охватываемого временного периода. База представляет собой несбалансированную панель, охватывающую временной период максимум с 1983 по 2018 гг. Из 356 индикаторов, зафиксированных в резолюции, с учетом различных категорий их разбиения (пол, возраст, городское/сельское население и т.д.) получается 1572 отдельных временных ряда.

Некоторые из этих индикаторов являются строго экзогенными характеристиками (например, географического положения страны) и могут быть использованы лишь как инструмент для описания сложившейся ситуации в плане развития. Поскольку сами цели являются эндогенными величинами, достижение которых необходимо для всех стран, строго описательные характеристики были исключены из рассмотрения. Авторы произвели предварительный отбор индикаторов, используя только те, которые встречаются в докладе 2017 г. Фонда Bertlesmann совместно с Sustainable Development Solutions Network (SDSN) и мировыми экспертами под председательством Джейфри Сакса [6], где авторы сделали попытку построения интегральных, агрегированных индикаторов устойчивого развития. Индикаторы устойчивого развития были сгруппированы по ЦУР, согласно классификации, предложенной экспертами из Стокгольмского университета [8], которая основывается на некоторых более общих областях деятельности в рамках их достижения (рис. 1).

Данная схема условно группирует все 17 ЦУР по трем основным направлениям: экономика, общество и биосфера. Данный факт позволяет нам попробовать смоделировать не только влияние на отдельные ЦУР, но и в целом движение стран к устойчивому развитию в соответствие с Резолюцией ООН. В данном случае в качестве латентной переменной мы рассматриваем устойчивое развитие в целом. Спецификация модели изображена на рис. 2. В данном



Источник: The QoG Institute.

Рис. 1. Классификация Целей устойчивого развития по трем основным направлениям

<sup>1</sup> Подробнее о данной методологии и ее репликации можно прочитать в [3] и [4].

## Анализ сопутствующих характеристик целей устойчивого развития

случае мы оцениванием такие модели в рамках методологии SEM, которая позволяет моделировать латентные переменные.

В спецификации (рис. 2) в качестве индикаторов для латентной переменной устойчивого развития будут подбираться индикаторы целей, входящих в тот или иной блок (Экономика, Общество, Биосфера) ЦУР, из множества индикаторов, отобранных посредством сопоставления переменных, использованных Саксом [4], и официального перечня ООН [1].

В качестве экзогенных объясняющих переменных (сопутствующих характеристик) взяты переменные, отобранные авторами из известных баз данных, включая World Development Indicators (WDI) [6], World Governance Indicators (WGI) [7], Quality of Government (QoG) [8], часто используемых при страновом анализе.

## АНАЛИЗ СОПУТСТВУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ДЕТЕРМИНАНТ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В результате оценивания спецификации SEM, где в качестве латентной переменной используется обобщенное устойчивое развитие, было получено 134 082 модели. Удовлетворительных моделей, в которых не была отвергнута нулевая гипотеза о близкой аппроксимации модели к данным ( $p\text{-value}$  статистики оказалось выше 5% уровня значимости), получилось 6 438. Из них моделей, в которых объясненная дисперсия латентной переменной выше 25% – 5 653, среди которых оказалось 4 086 моделей со всеми значимыми коэффициентами при переменных. В качестве показателя «институты» было использовано 26 уникальных переменных, из которых 22 значимы и не меняли знак в различных моделях; «торговые условия» – 25, из них значимо не менявших знак – 10; прочих экономических показателей – 12, из которых значимых и не менявших знак – 6. В качестве индикаторов устойчивого развития использовалось 29 уникальных переменных, 23 из которых значимо не меняли знак в моделях.

Рассмотрим одну из переменных, вошедшую

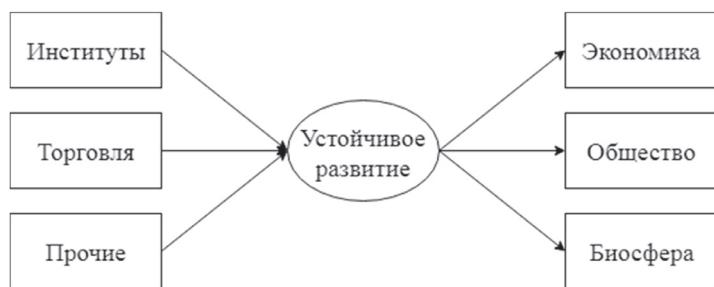
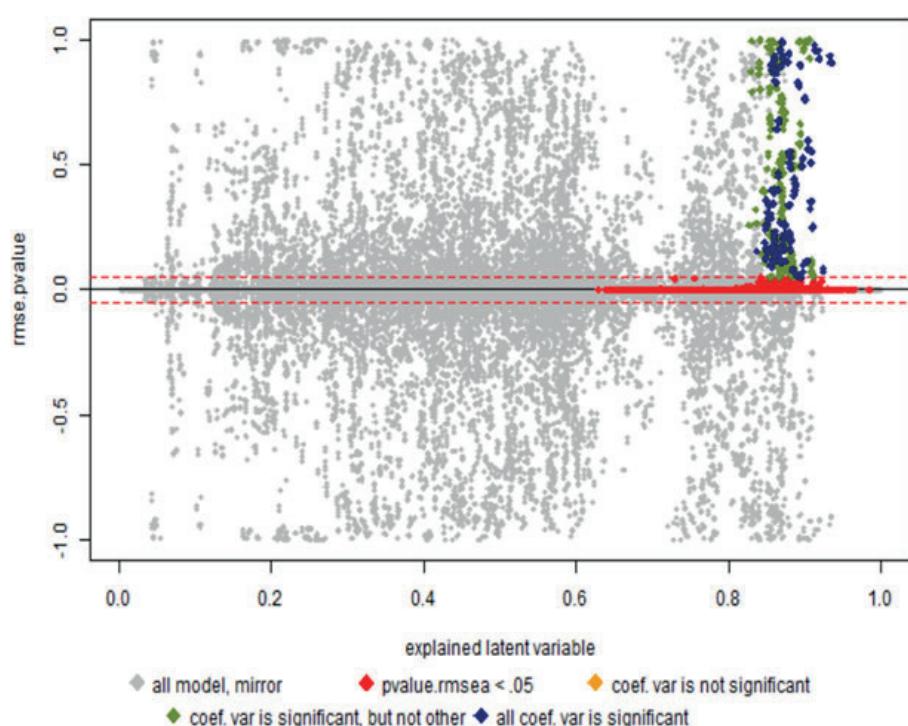


Рис. 2. Оцениваемая спецификация структурной модели для устойчивого развития



**Примечание.** По оси ординат –  $p\text{-value}$  статистики RMSEA, пунктиром отмечено значение 0.05.

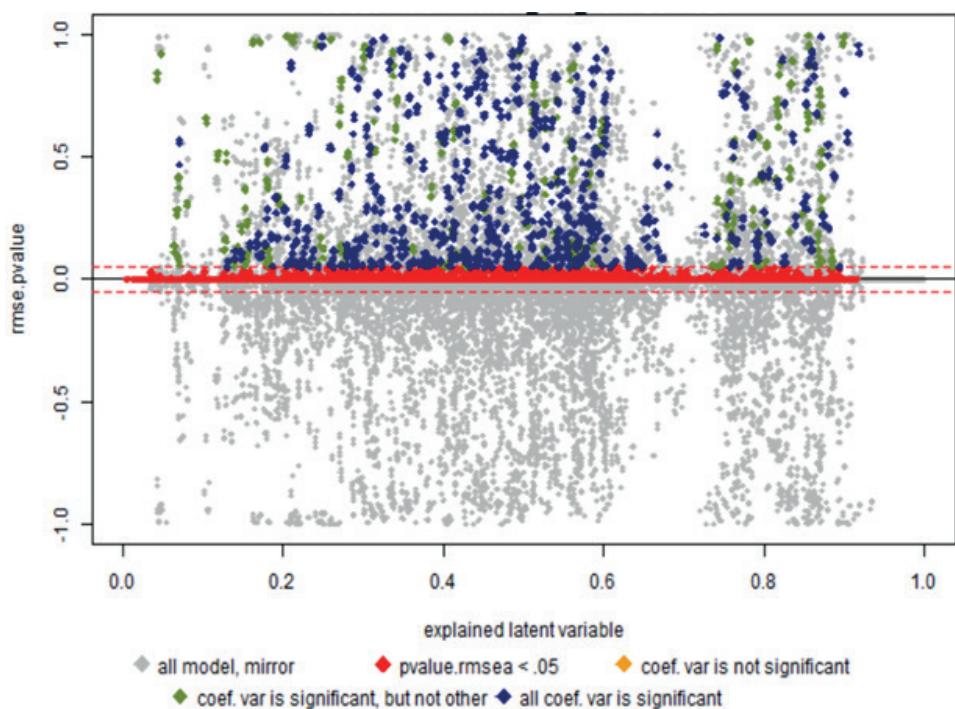
Рис. 3. Модели ЦУР, в которых встречается переменная «Эффективность правительства»

в итоговую модель, – «эффективность правительства». На рис. 3 представлены характеристики моделей SEM, в которые вошла данная переменная. На осях абсцисс и ординат отмечены критерии качества модели: доля объясненной вариации латентной переменной и уровень значимости статистики RMSEA (характеризует качество аппроксимации данных моделью) соответственно. Серым цветом обозначены все модели, в которые входит данная переменная. Синим выделены модели, в которых все коэффициенты значимы, оранжевым – в которых коэффициент при данной переменной незначим. Зеленым – модели, в которых коэффициент при переменной значим, но есть незначимые коэффициенты. Нижняя часть зеркально отражает верхнюю, и на ней отмечаются модели, в которых оцененный коэффициент имеет отрицательный знак (сверху – положительный). Т.е. нижняя часть – это те же модели, что и сверху, попадание же модели в ту или иную часть на рассматриваемом рисунке демонстрирует лишь факт того, какой знак имеет коэффициент при данной переменной.

Как мы видим, во всех моделях переменная имеет постоянный знак, также все модели с данной переменной обладают высокой долей объясненной вариации латентной переменной. Кроме того, есть существенное число моделей с высокой степенью аппроксимации.

Что касается переменных с левой стороны модели, то качественными (значимо не меняющими знак от модели к модели, объясняющими достаточную долю вариации латентной переменной) оказались многие переменные, одна из которых представлена на рис. 4.

В данном случае это смертность детей в возрасте до пяти лет. Заметим, что для унифицированности выборки мы изменили знаки некоторых переменных так, чтобы более высокие значения переменных соответствовали большему уровню желаемого достижения ЦУР. Это как раз применимо именно к детской смертности, поэтому мы используем инвертированный аналог данной переменной. Видно, что знак переменной стабилен и есть много качественных моделей. Приведем теперь непосредственно результаты



**Примечание.** По оси ординат – p-value статистики RMSEA, пунктиром отмечено значение 0.05.

Рис. 4. Модели ЦУР, в которых встречается переменная младенческой смертности в возрасте до пяти лет

Таблица 1  
Использованные переменные

Переменная	Кластер
Эффективность правительства	Институты
Экспорт продовольствия (% от экспорта товаров)	Торговля
Чистая торговля товарами в %, ВВП	Прочие
Средняя доля наземных ключевых областей биоразнообразия (КВА), охваченных охраняемыми районами (%) МР	Биосфера
Младенческая смертность до пяти лет (обратная величина)	Общество
Расходы на исследования и разработки в процентах от ВВП (%)	Экономика

Переменная	Кластер
Эффективность правительства	Институты
Экспорт продовольствия (% от экспорта товаров)	Торговля
Чистая торговля товарами в %, ВВП	Прочие
Средняя доля наземных ключевых областей биоразнообразия (КВА), охваченных охраняемыми районами (%) МР	Биосфера
Младенческая смертность до пяти лет (обратная величина)	Общество
Расходы на исследования и разработки в процентах от ВВП (%)	Экономика

## Анализ сопутствующих характеристик целей устойчивого развития

оценивания модели SEM для ЦУР: Экономика, Общество и Биосфера. В табл. 1 представлен список переменных, использованных в рассматриваемой модели; в табл. 2 и 3 – информация по качеству оцененной модели и оценки различных параметров модели соответственно.

**Таблица 2**  
**Критерии качества модели ЦУР**

Название параметра	ML	Robust
Model Fit Test Statistic	11.246	6.899
Degrees of freedom	6	6
P-value (Chi-square)	0.081	0.330
Scaling correction factor for the Satorra-Bentler correction		1.630
Model test baseline model:		
Minimum Function Test Statistic	2179.772	2696.997
Degrees of freedom	12	12
P-value	0.000	0.000
User model versus baseline model:		
Comparative Fit Index (CFI)	0.998	1.000
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.995	0.999
Robust Comparative Fit Index (CFI)		0.999
Robust Tucker-Lewis Index (TLI)		0.999
Loglikelihood and Information Criteria:		
Loglikelihood user model (H0)	-3580.953	-3580.953
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-3575.330	-3575.330
Number of free parameters	9	9
Akaike (AIC)	7179.907	7179.907
Bayesian (BIC)	7225.072	7225.072
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	7196.486	7196.486
Root Mean Square Error of Approximation:		
RMSEA	0.028	0.012
90 Percent Confidence Interval	(0.000, 0.053)	(0.000, 0.036)
P-value RMSEA ≤ 0.05	0.922	0.998
Robust RMSEA		0.015
90 Percent Confidence Interval		(0.000, 0.053)
Standardized Root Mean Square Residual:		
SRMR	0.018	0.018

**Примечание.** В первом столбце представлены названия различных тестовых статистик. Minimum Function Test Statistic – статистика с распределением хи-квадрат, которая проверяет гипотезу адекватности модели, используя предположение о нормальности переменных; CFI и TLI – тесты, сравнивающие рассматриваемую модель с простейшей (всевозможные ковариации ограничены нулем); ниже располагаются три информационных критерия и RMSEA (среднеквадратичная ошибка аппроксимации). Другие два столбца соответствуют обычному оцениванию ML и оцениванию MLM с коррекцией тестовых статистик методом Саттора–Бентлера и робастными ошибками.

Необъясненная доля латентной переменной составляет 0.140, т.е. модель описывает более 85% вариации переменной, условно характеризующей текущий уровень ЦУР. Переменные имеют ожидаемый знак: страны с более развитыми институтами имеют более высокое значение агрегированного показателя достижения ЦУР, в то время как высокие торговые барьеры имеют обратную связь.

На основе оцененной модели можно получить относительное значение латентной переменной, по которой можно ранжировать страны в соответствии со степенью их достижения ЦУР. На рис. 5 изображены страны, раскрашенные в цвета в зависимости от полученного значения ненаблюдаемой переменной.

Построенные модели позволяют извлекать значения (предсказания значений) латентной переменной. При этом аппарат SEM также позволяет получить не только точечные оценки латентной переменной в рамках всей модели, но также и оценки (предсказания), основываясь лишь на левой части модели, включающей в себя экзогенные переменные. Значения латентной переменной, из-

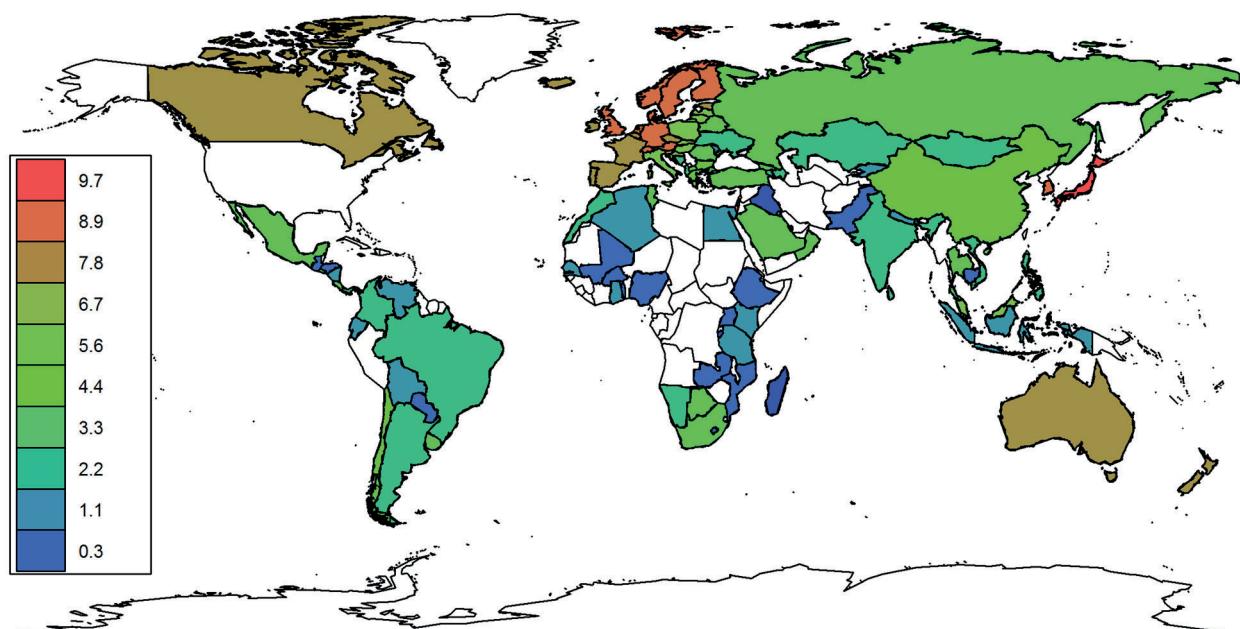
Таблица 3  
Оценки параметров модели ЦУР

Параметр	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z )	Std.lv	Std.all
Уст. разв. =~ биосфера	0.146	0.014	10.123	0.000	0.390	0.391
Уст. разв. =~ общество	0.214	0.016	13.412	0.000	0.572	0.835
Уст. разв. =~ экономика	0.409	0.032	12.881	0.000	1.093	0.808
Уст. разв. ~ институт	3.997	0.332	12.051	0.000	1.494	0.888
Уст. разв. ~ торговля	-0.760	0.117	-6.485	0.000	-0.284	-0.178
Уст. разв. ~ прочее	-1.894	0.629	-3.013	0.003	-0.708	-0.083
Остаточная дисперсия:						
Биосфера	0.840	0.075	11.165	0.000	0.840	0.847
Общество	0.142	0.010	14.030	0.000	0.142	0.303
Экономика	0.638	0.040	16.137	0.000	0.638	0.348
Уст. разв.	1.000				0.140	0.140

**Примечание.** В столбце Estimate представлены оценки параметров модели с нормированным на 1 коэффициентом при первом индикаторе; в столбцах Std.Err, z-value и P(>|z|) – стандартные ошибки, z-статистики и уровни значимости оценок коэффициентов модели соответственно; в столбце std.lv – оценки параметров стандартизированной модели (вариация латентной переменной полагается равной 1); в столбце Std.all представлены оценки абсолютно стандартизированной модели (дисперсии всех переменных полагаются равными 1). Модель оценена по 1117 наблюдениям, 115 странам и 15 годам. Уровень значимости статистики RMSEA в скорректированном случае равен 0.998, что не отвергает гипотезу о высокой степени аппроксимации модели.

влеченные из всей модели, можно трактовать непосредственно как реальные значения изучаемого (ненаблюдаемого) показателя для каждой страны в каждый момент времени. Оценки же латентной переменной с использованием лишь левой части модели можно трактовать следующим образом: такие значения ненаблюдаемого показателя в среднем имеют страны со схожими значениями экзогенных переменных (сопутствующих) характеристик. В таком случае разумно предполагать, что без проведения какой-либо экономической политики, направленной на улучшение сопутствующих характеристик (например, институтов), страны из своего точечного предсказанного значения латентной переменной будут стремиться к уровню, предсказанному лишь по левой части модели.

Чтобы некоторым образом дать унифицированный прогноз для всех стран по динамике ненаблюдаемой характеристики (в данном случае это достижение ЦУР), мы решили вычесть предсказанные



**Примечание.** Цветовой шкалой демонстрируется значение латентной переменной. Синий цвет соответствует минимальному значению, красный – максимальному.

Рис. 5. Текущее значение достижения агрегированного индикатора ЦУР

## Анализ сопутствующих характеристик целей устойчивого развития

по левой части значения из значений латентной переменной, предсказанных на основе всей модели. Такая новая величина дает нам понять, в какую сторону и насколько ожидаемо сдвигается уровень достижения ЦУР в конкретной стране с течением времени. Это позволит нам получить ответ на вопрос, ожидать ли улучшения или ухудшения ситуации в стране.

Данные прогнозы для России, сделанные по 4086 лучшим моделям<sup>1</sup>, представлены на рис. 6. Каждый прогноз есть ожидаемый сдвиг (положительный или отрицательный) в показателе достижения ЦУР. Из диаграммы мы видим, что в подавляющем большинстве случаев в России следует ожидать ухудшения ситуации с достижением ЦУР. Таким образом, мы можем заключить, что уровень достижения ЦУР в России не соответствует уровню сопутствующих характеристик, так как он выше аналогичного уровня в странах со схожими сопутствующими характеристиками. Отсюда можно сделать вывод, что России требуется проводить политику, направленную на улучшение соответствующих сопутствующих характеристик (в частности, институтов), чтобы не допустить снижения уровня достижения ЦУР в будущем.

Также в качестве проверки устойчивости результатов мы решили рассмотреть модели, в которых все переменные очищены от уровня ВВП. Это сделано для того, чтобы убрать явный эффект от уровня выпуска на достижение ЦУР. Результаты прогнозов динамики достижения ЦУР в таком случае представлены на рис. 7. Видно, что мы получили картину, сходную с предыдущим рисунком, что свидетельствует о стабильности полученного результата.

## ВЫВОДЫ

В статье мы рассмотрели множество моделей SEM с латентными переменными для оценки достижения различных ЦУР, которые не наблюдаются в явном виде. Данный аппарат дает возможность некоторым образом агрегировать ЦУР и выявлять сопутствующие им характеристики. Оцененные модели позволяют делать выводы об относительном опережении или отставании конкретной страны от других с аналогичными характеристиками. Однако стоит помнить, что данная методика позволяет изучать лишь коррелированную часть вариации показателей ЦУР. Независимая часть вариации может иметь значительную составляющую и должна изучаться отдельно.

Переменную достижения ЦУР можно трактовать как развитие вообще в широком смысле. Три индикатора развития в данной модели соответствуют официальным смысловым группам, в которые объединены 17 ЦУР: Экономика, Общество и Биосфера.

В результате оценок множества моделей мы обнаружили, что такие переменные, как качество институтов и вовлеченность в мировую торговлю влияют на уровень достижения ЦУР. На основании

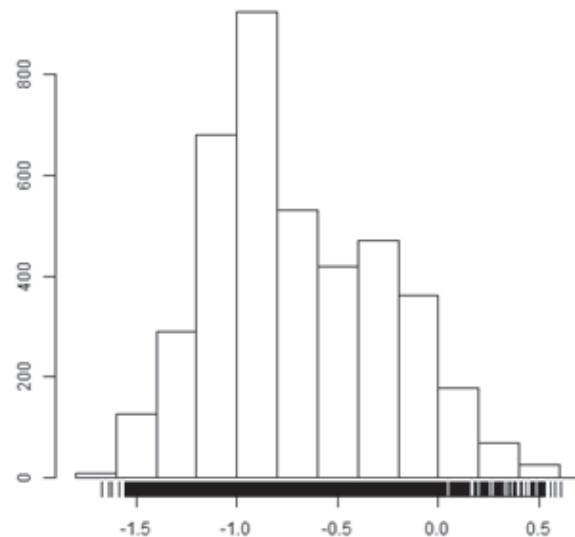


Рис. 6. Прогноз динамики достижения целей устойчивого развития

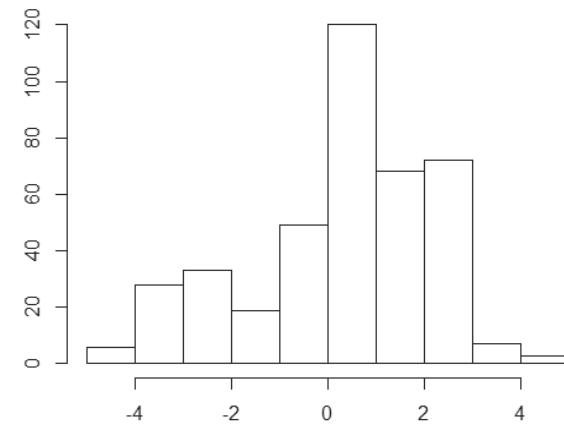


Рис. 7. Прогноз динамики достижения целей устойчивого развития

<sup>1</sup> Модели отбирались по следующему критерию: доля объясненной вариации латентной переменной больше 25%, уровень значимости статистики RMSEA больше 0.05.

построенных моделей также были сконструированы прогнозы динамики достижения этих целей. Наиболее интересным результатом является то, что Россия с существенной вероятностью ухудшит свои показатели, если не изменятся качество институтов и структура экспорта. Последний показатель можно улучшить, вероятно, за счет увеличения сложности экспорта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резолюция 71/313 (2017), принятая Генеральной Ассамблеей 6 июля 2017 года [Электронный ресурс] // A-RES/71/313: [сайт]. URL: <https://undocs.org/A/RES/71/313>
2. SDG Indicators - Global Database [Электронный ресурс] // UN Statistic Division: [сайт]. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/>
3. Зубарев А.В., Луговой О.В., Поташников В.Ю. Детерминанты долгосрочного экономического развития // Российское предпринимательство. 2015. Т. 16. № 22.
4. Sachs J., et al. SDG Index and Dashboards Report. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), 2017.
5. Rockström J., Suhkdev P. How food connects all the SDGs // The Stockholm Resilience Centre. 2016. URL: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>
6. Bank T.W. World Development Indicators [Электронный ресурс] URL: <http://wdi.worldbank.org/tables>
7. The Worldwide Governance Indicators (WGI) project [Электронный ресурс] URL: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/#home>
8. The QoG Institute [Электронный ресурс] URL: <https://qog.pol.gu.se/>
9. Отчет о НИР РАНХиГС «Климатическая политика и экономический рост: модельная оценка экономических эффектов парижского климатического соглашения». 2017.
10. Fox J. Structural equation models // In: R and S-PLUS Companion to Applied Regression. 2002.
11. Fox J. Teacher's corner: structural equation modeling with the sem package in R // Structural equation modeling. 2006. Vol. 13. No.3. P. 465–486. 