

Экономика природных ресурсов

**АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В ДЕЛОВОЙ
ИМИТАЦИОННОЙ ИГРЕ СТРАТЕГЕМА***

Яковлева Екатерина Юрьевна

*Кандидат экономических наук,
Старший научный сотрудник кафедры экономики природопользования,
МГУ имени М.В. Ломоносова, Экономический факультет
(г. Москва, Россия)*

Солодова Мария Александровна

*Аспирант, Инженер кафедры экономики природопользования,
МГУ имени М.В. Ломоносова, Экономический факультет
(г. Москва, Россия)*

Крюков Михаил Михайлович**

*Кандидат экономических наук, доцент,
старший преподаватель кафедры экономики природопользования,
МГУ имени М.В. Ломоносова, Экономический факультет
(г. Москва, Россия)*

Аннотация

Несмотря на широкое применение целей и индикаторов устойчивого развития в науке и практике, вопросы о путях достижения устойчивости остаются открытыми. Имитационная игра Стратегема, как модель экономики страны с полной информацией, – удачный объект для исследования взаимосвязи стратегий и индикаторов устойчивого развития. Игра разработана коллективом авторов во главе с Деннисом Медоузом для обучения принципам устойчивого развития управляющих кадров и студентов. Системно-динамическая модель, заложенная в игре, отражает взаимосвязи между ключевыми отраслями экономики. Участники игры формируют кабинет министров, цель которого – привести страну к устойчивому развитию. В 1992 г. игра была переведена сотрудниками экономического факультета МГУ и адаптирована для преподавания студентам. В настоящем исследовании мы проанализировали решения 145 стран: выявили пути достижения устойчивого развития и его признаки в экономике и обществе. Мы выяснили, что определяющими факторами устойчивости являются уровень национального дохода, индекс устойчивости, уровень жизни, ресурсоемкость производства и численность населения; отсутствие устойчивости – не следствие

* Исследование поддержано внутрифакультетским грантом экономического факультета МГУ 2021 г. «Устойчивое развитие российской экономики в рамках мировой низкоуглеродной повестки: от межотраслевой модели до промышленной политики»

Яковлева Е.Ю., e-mail: e.u.yakovleva@gmail.com

Солодова М.А., e-mail: m.damianne@gmail.com

** Статья посвящена памяти Крюкова Михаила Михайловича (1949–2017), кандидата экономических наук, экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

недостаточной развитости или бедности, а, скорее, результат потери баланса и эффективности в использовании ресурсов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, деловая игра, имитационное моделирование, Стратегема, демографический переход, преподавание на экономическом факультете МГУ.

JEL коды: C150, C220, C930, O130, Q320.

Для цитирования: Яковлева Е.Ю., Солодова М.А., Крюков М.М. Анализ устойчивости принимаемых решений в деловой имитационной игре Стратегема // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2022. Том 14. Выпуск 1. С. 19–39. DOI: 10.38050/2078-3809-2022-14-1-19-39.

Введение

На современном этапе развития ориентация экономики страны только на количественный рост обостряет социальные и экологические проблемы: изменение климата, разрушение естественных экосистем и сокращение биоразнообразия, усиление социального и межстранового неравенства и др. Смягчение этих рисков требует пересмотра самих критериев успешности функционирования экономической системы, и в качестве альтернативы традиционной модели роста предлагается концепция устойчивого развития, разрабатываемая ООН и другими организациями начиная со 2-ой половины XX века. Однако вопросы о том, какими путями устойчивое развитие может быть достигнуто и какие признаки в экономике и обществе свидетельствуют о его достижении, остаются открытыми. Несмотря на широкое распространение разработанных ООН целей в области устойчивого развития и индикаторов их достижения, на практике вопрос расстановки приоритетов между направлениями политики в условиях ограниченных ресурсов не имеет единственно верного решения. Для прояснения данных вопросов в настоящем исследовании мы провели анализ устойчивости принимаемых решений в экономике с полной информацией в симуляционной среде игры Стратегема.

Игра Стратегема разработана коллективом авторов во главе с Деннисом Медоузом для обучения государственных служащих, ответственных за энергетические и экологические программы, и студентов вузов. В ее основе лежит системно-динамическая модель, отражающая взаимосвязи между ключевыми отраслями в экономике развивающейся страны (Sterman, Meadows, 1985; Meadows et al., 2000; Meadows, 2009). Игра была переведена и адаптирована Крюковым Михаилом Михайловичем, Сидоренко Владимиром Николаевичем и другими сотрудниками кафедры экономики природопользования МГУ в 1992 г. для преподавания ее студентам экономического факультета МГУ (Крюков, 2008).

Команда из 5–15 студентов выступает в роли кабинета министров и в течение 50 лет (10 решений) управляет развитием промышленности, сельского хозяйства, энергетики, социальной сферы и сохранением окружающей среды в виртуальной стране с исходно низким уровнем развития.

Цель игры – достижение экологической устойчивости при высоком экономическом и социальном развитии страны, необходимыми условиями которого является совершение демографического перехода и стабилизация численности населения.

Для исследования мы собрали 145 решений кабинета министров, принятых студентами 2–4 курса бакалавриата экономического факультета МГУ, обучавшихся с 2011 по 2020 гг. В выборке 104 страны не достигли устойчивого развития и 41 – его достигла.

На основе собранных данных мы:

- выделили основные характеристики стран, достигших и не достигших устойчивого развития,
- на основе дерева решений выяснили, какие показатели более значимы, а какие менее значимы для страны на пути к устойчивости,
- разделили страны на кластеры согласно их социо-эколого-экономическим показателям и стратегиям в осуществлении демографического перехода, повышении уровня жизни и достижении устойчивого развития в условиях полной информации, а также сделали предположения о приоритетности различных направлений политики в странах, достигших и не достигших устойчивого развития,
- протестировали гипотезу о том, меняется ли со временем стратегия министров в достижении устойчивого развития, ведь в выборке представлены студенты нескольких поколений.

С одной стороны, в работе освещается длительный опыт преподавания деловой командной имитационной игры студентам экономического факультета МГУ, с другой – предпринята попытка рассмотреть дискуссионный вопрос о траекториях достижения устойчивого развития благодаря модельной экономике с полной информацией. В связи с этим исследование важно исторически и методологически для сотрудников и учащихся экономического факультета МГУ, а также может представлять интерес для преподавателей экономических и управленческих специальностей других вузов, специалистов в области деловых игр, имитационного моделирования и устойчивого развития.

Описание имитационной игры Стратегема

Согласно первоначальным условиям, страна, которой будет управлять кабинет министров, богата возобновляемыми природными ресурсами, но вложений в их освоение сделано крайне мало. Страна еще не совершила демографический переход, рождаемость более чем в 2 раза превышает смертность (41 против 18%), хотя и смертность находится на высоком уровне по сравнению с развитыми странами. В ЕС последние 40 лет данный показатель колеблется в районе 10–10,5%, в США – около 8–8,5%¹ (рис. 1)². В игре необходимо достичь уровня смертности (и рождаемости) в 10%, чтобы совершить демографический переход.

¹ The world bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CDRT.IN?end=2019&locations=US-EU&start=1980>

² На наш взгляд, игра максимально реалистична как на качественном уровне, так и в части количественных оценок многих показателей, поэтому подобные сравнения не только уместны, но и необходимы для понимания игры и применения ее результатов для выявления приоритетов в управлении экономикой с целью достижения устойчивого развития.

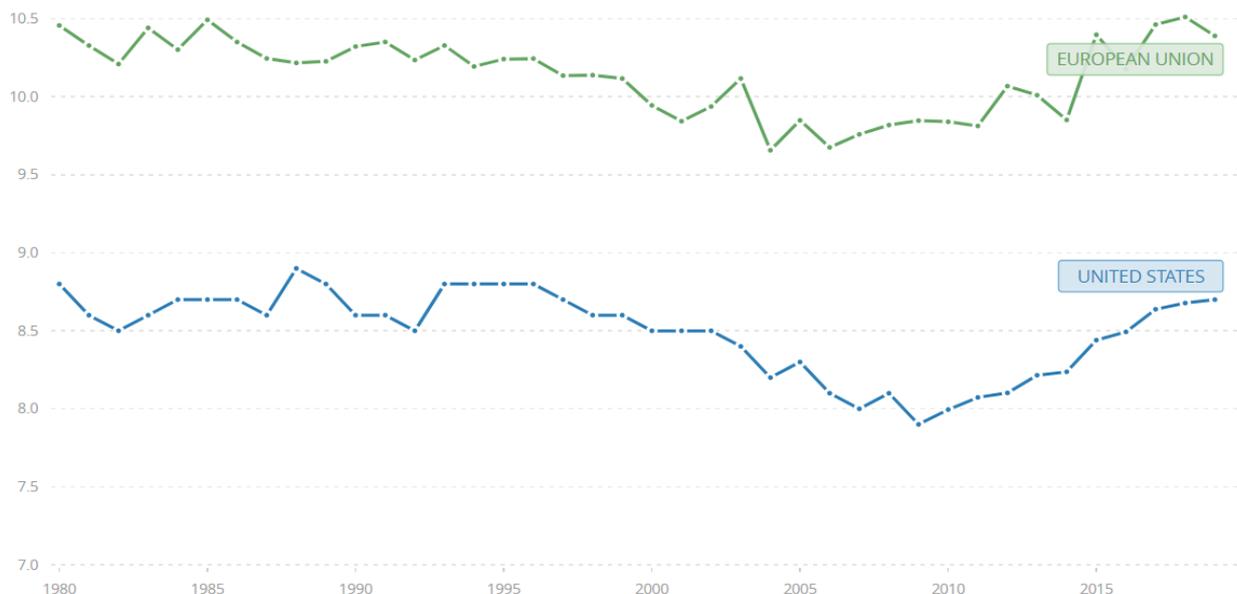


Рисунок 1. Уровень смертности в США (синяя линия) и в Европейском Союзе за период с 1980 по 2019 г.

Социальная сфера в стране на момент начала игры не развита. Окружающая среда интенсивно деградирует, что приводит к недополучению 31% сельскохозяйственной продукции и росту смертности населения, но вложений в ее сохранение не производится. Международные отношения развиты слабо.

Таким образом, модель, заложенная в игре, представляет экономику с полной информацией и реалистична, несмотря на необходимые упрощения. Игра позволяет гибко проверять гипотезы о значимости различных социальных, экономических и экологических решений для достижения устойчивого развития (УР), тестировать различные стратегии развития страны. Программа, в которой реализована игра, дает возможность быстро обчислять принятые решения и анализировать результаты.

По результатам игры преподаватели определяют, достигла ли страна УР, если выполнены следующие условия:

1. Население стабилизировано или будет стабилизировано уже в следующем периоде. Это невозможно без совершения демографического перехода и достижения уровня рождаемости и смертности в 10‰;
2. У страны достаточно ресурсов всех видов, чтобы повторять свое последнее решение, или у страны достаточно ресурсов, чтобы поддерживать уровень жизни населения и уровень развития всех отраслей экономики не ниже того, что был достигнут в последнем периоде. Последнее как нельзя лучше согласуется с классическим определением устойчивого развития комиссии Брундтланд, согласно которому под УР понимается такое развитие, при котором текущее поколение может удовлетворять свои потребности и не ставит под угрозу удовлетворение потребностей будущих поколений (Brundtland, 1987);
3. Страна не имеет государственного долга (или у нее достаточно ресурсов, чтобы его выплатить в следующем периоде).

В дальнейшем для краткости будем называть страны, достигшие устойчивого развития, устойчивыми странами, а страны, не достигшие, – неустойчивыми.

Страна, представленная в игре, может достичь устойчивого развития с различными результирующими показателями, но качественно страны можно разделить на группы, которые занимают свое место на континууме между отсутствием устойчивости и ее полным достижением к концу игры.

Развитие каждой из 145 рассматриваемых стран характеризуется следующими показателями:

- экономические: ресурсоемкость производства, уровень национального дохода (НД),
- экологические: индекс устойчивости, качество окружающей среды, уровень защищенности окружающей среды,
- социальные и демографические: уровень жизни населения, численность населения и факт ее стабилизации, число периодов развития экономики за счет ограничения потребления населения.

Более подробно описание показателей, а также переменных, используемых в дальнейшем анализе, представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Показатели развития страны и их обозначения, используемые в дальнейшем анализе

Обозначение	Показатель	Пояснение
State	Название страны	Выбирается командой студентов-министров
Year	Год, когда данная страна принимала решения	Игра проводилась сотрудниками кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ в рамках курса Экономики природопользования с 2011 до 2017 гг. и курса Стратегии экологически устойчивого развития с 2018 г.
Wellbeing	Уровень жизни населения = уровень потребления	<p>Рассчитывается как среднее потребление товаров и продовольствия за $T = 10$ периодов:</p> $\frac{\sum_{i=1}^T \left(\begin{array}{c} \text{потребл. товаров} \\ \text{на душу} \end{array} + 4 * \begin{array}{c} \text{потребл. продов.} \\ \text{на душу} \end{array} \right)_i}{T},$ <p>исходный уровень равен 10</p>
Environment	Качество окружающей (природной) среды	Измеряется 0 до 1, больший показатель свидетельствует о лучшем качестве окружающей среды, в начале игры составляет 0,69

Обозначение	Показатель	Пояснение
Costs	Ресурсоемкость производства	Единиц затраченных ресурсов на 1 единицу произведенной продукции в энергетике, промышленности и сельском хозяйстве
Income	Уровень национального дохода (НД)	Рассчитывается с начала игры накопленным итогом как сумма добавленных стоимостей в промышленности, энергетике и сельском хозяйстве, и экспортно-импортного сальдо, на 100 человек населения, в начале игры составляет около 7 тыс.
Sast_index	Индекс устойчивости	Сумма истинных сбережений (скорректированных чистых накоплений) ³ за 10 периодов в процентах к суммарному НД (Крюков, 2009, с 160–162)
On_pop	Числа случаев развития экономики за счет ограничения потребления населения	Ограничение потребления населением продовольствия или промышленных товаров. Ограничением считается длительное неувеличение потребления в начале игры, а также сокращение потребления товаров или продовольствия или и того и другого по сравнению с предыдущим периодом
Env_security	Уровень защищенности окружающей среды	Доля, отражающая на сколько затраты на восстановление окружающей среды компенсируют ущерб, наносимый ей производством энергии, товаров и продовольствия. Оптимальный уровень 1, меньше 1 – ущерб компенсируется не полностью, больше 1 – в сектор направлены лишние ресурсы, часть капиталов остается не задействованной
Population	Численность населения	200 человек в начале игры
Sustainability	Достигла ли страна устойчивого развития	0 – нет, 1 – да
Dem_transition	Совершила ли страна демографический переход	0 – нет, 1 – да

³ Adjusted net savings, including particulate emission damage (% of GNI), World Bank Metadata Glossary. URL: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/NY.ADJ.SVNG.GN.ZS>

Методика исследования

Анализ данных проведен с использованием возможностей языка Python (библиотеки `numpy`, `pandas`, `sklearn`, `scipy`). Иллюстрации построены с использованием библиотек `seaborn` и `matplotlib`.

Для основных показателей развития стран (табл. 1) рассчитано минимальное, максимальное и среднее значения, а также стандартное отклонение. Значимость различий тех или иных показателей для устойчивых и неустойчивых стран оценена с помощью теста Манна-Уитни, непараметрического аналога критерия Стьюдента. Применение данного теста представляется более корректным, т. к. не все данные в исследовании распределены нормально (согласно критерию Шапиро-Уилка).

При построении дерева решений (decision tree) в качестве информационного критерия использовалась энтропия (`entropy`). Минимальное количество наблюдений в конечных узлах дерева ограничено восемью, чтобы не усложнять модель и сосредоточиться на выявлении только ключевых характеристик стран, сильнее всего влияющих на достижение устойчивости.

Размерность данных понижена с помощью метода главных компонент. В координатах двух первых главных компонент построены рис. 5 и 7. Разбиение данных на кластеры проводилось методами *k*-средних, спектральной и агломеративной кластеризации. Согласно метрике качества кластеризации силуэт (не требующей знания «истинного» разбиения данных на кластеры) и содержательной интерпретации полученных разбиений наиболее удачный результат дал метод *k*-средних с разделением стран на пять кластеров.

Гипотеза о том, что со временем стратегии достижения УР в странах могут меняться, т. к. за рассматриваемые 10 лет преподавания (с 2011 по 2020 гг.) меняется поколение студентов, проверена с помощью логистической модели. В качестве объясняемой использовалась переменная *Sustainability*, принимающая значения 0 и 1, в качестве объясняющих – различные сочетания предикторов, представленные в табл. 1.

Результаты и обсуждение

Взглянем на важные характеристики стран, сформировавшихся по завершении игры (рис. 2, табл. 2):

1) Численность населения в устойчивых странах в среднем на 67 человек (17%) меньше, чем в неустойчивых (различия значимы согласно тесту Манна-Уитни, $p = 1,84 \cdot 10^{-9}$). Странам с высокой численностью населения сложнее достичь устойчивого развития, т. к. на развитие социальной сферы и высокий уровень потребления (уровень жизни), т. е. на выполнение необходимых условий для совершения демографического перехода, требуется гораздо больше ресурсов (рис. 2, нижний график на диагонали).

2) Странам с уровнем жизни населения ниже 18,2 единицы не удастся достичь устойчивого развития. Уровень жизни устойчивых стран в среднем составляет 21,33 единиц, против 17,82 единицы в неустойчивых, хотя исходный уровень жизни в стране был равен 10. Иными словами, для достижения устойчивости уровень жизни должен быть удвоен. Это означает, что нельзя осуществить демографический переход и индустриализацию в стране, где уровень потребления промышленных товаров низок и население периодически голодает. При этом всем

странам, как достигшим, так и не достигшим устойчивого развития, неизбежно приходится в определенные периоды (чаще в начале игры) развивать экономику за счет ограничений населения в потреблении (см. табл. 1). Устойчивые страны делают это в среднем 4,9 раза за игру, а неустойчивые 5,6, т. е. практически одинаково часто (согласно тесту Манна-Уитни значимых различий на 5% уровне значимости нет, $p = 0,099$).

Таблица 2.

Минимальное, максимальное, среднее значение и стандартное отклонение основных показателей в странах, достигших (1) и не достигших (0) устойчивого развития

Sustainability	Wellbeing			Environment			Costs			Income		
	min	mean ± sd	max	min	mean ± sd	max	min	mean ± sd	Max	min	mean ± sd	max
0	10,6	17,82 ± 3,19	26,6	0,32	0,8 ± 0,17	0,95	0,39	0,47± 0,05	0,65	27 469	99 057 ± 23 487	132 628
1	18,2	21,33 ± 2,17	26,7	0,66	0,9 ± 0,06	0,95	0,35	0,42± 0,03	0,49	96 417	127 050 ± 12 072	159156

3) Посмотрев на правый верхний квадрат на рис. 2, можно заметить, что не всем странам с высоким уровнем жизни населения удается достичь устойчивости. Более глубокий взгляд на такие страны показывает (подробнее ниже), что в конце игры им не хватает ресурсов для поддержания «взятой планки», т. к. в погоне за высоким уровнем жизни слишком большая часть ресурсов оказалась потребленной населением. Наглядно такая стратегия представлена на рис. 3: уровень жизни резко начинает снижаться после 50-го года (стратегия 3).

4) Страны, достигшие устойчивого развития, как правило характеризуются неплохим состоянием окружающей среды, хотя само по себе высокое качество окружающей среды не является критерием устойчивости. Устойчивые страны значительно отличаются по качеству окружающей среды и индексу устойчивости ($p = 1,95 \cdot 10^{-5}$ и $p = 8,22 \cdot 10^{-8}$) от неустойчивых стран, при этом среди стран с высоким качеством окружающей среды немало неустойчивых (ниже разберемся, какие решения приводят к этому).

5) Достаточно богатые страны (с высоким НД) с эффективно функционирующим производством (параметр Costs) могут быть устойчивыми при достаточно среднем качестве среды (примерно на уровне неустойчивых стран $0,8 \pm 0,17$). В то же время невозможно достичь устойчивости ни при каком уровне богатства, если допустить сильное снижение качества окружающей среды (второй диагональный график на рис. 2). Иными словами,

скомпенсировать экологический компонент устойчивости социальным или экономическим можно лишь частично – экологические, экономические и социальные блага не полностью заменяемы.

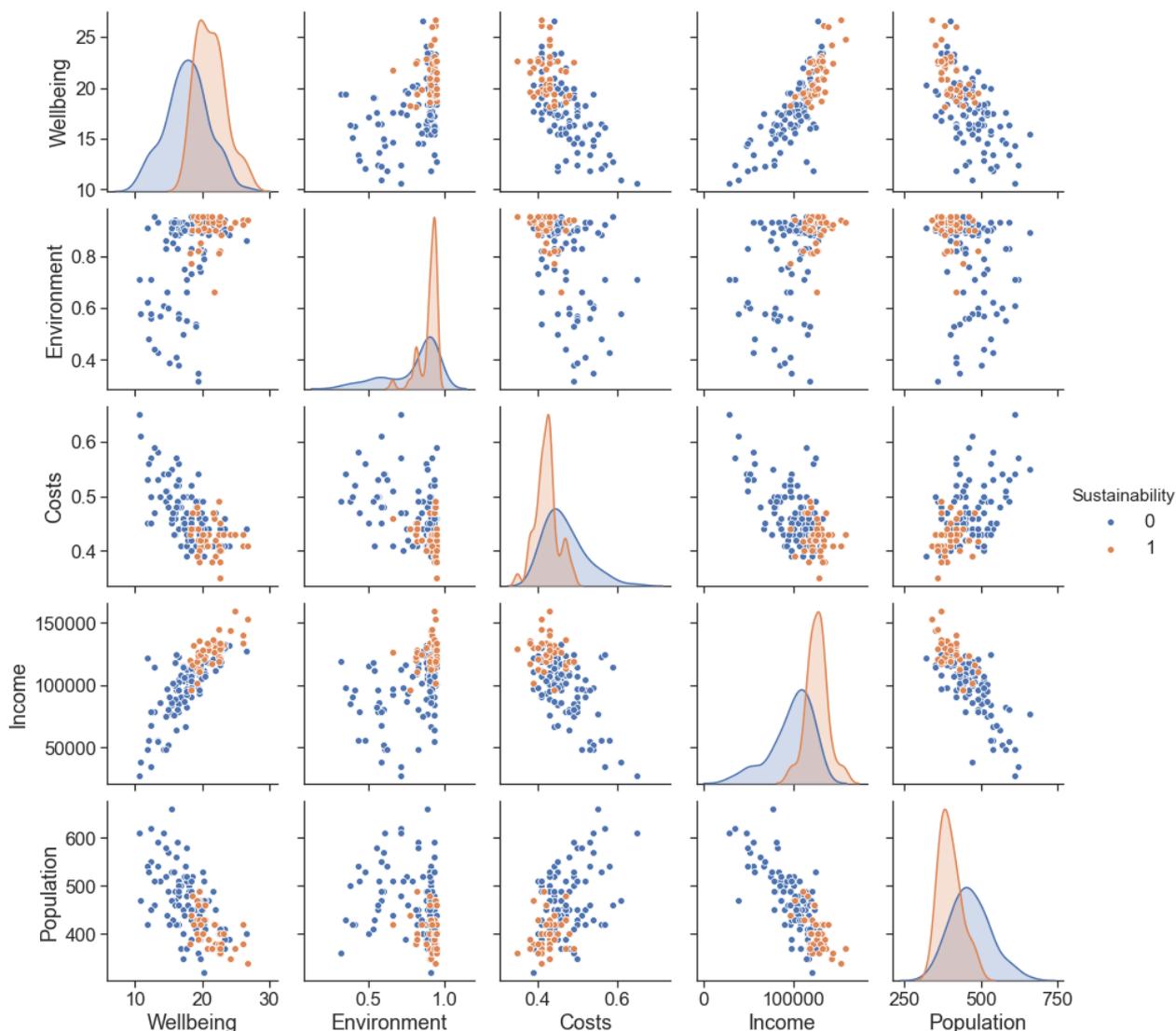


Рисунок 2. На диагонали изображены графики распределения социальных (уровень жизни, численность населения), экологического (состояние окружающей среды) и экономических (ресурсоемкость производства и НД) показателей. Вне диагонали – точечные диаграммы попарных зависимостей указанных показателей. Оранжевым обозначены страны, достигшие устойчивого развития (Sustainability = 1), синим – не достигшие (Sustainability = 0)

6) Экономика страны должна быть достаточно ресурсоэффективной, чтобы страна стала устойчивой. На единицу произведенной продукции в промышленности, энергетике и сельском хозяйстве в среднем не должно затрачиваться более 0,49 денежных единиц ресурсов (табл. 2). Более того, ресурсоемкость устойчивых стран значительно ниже ресурсоемкости неустойчивых ($p = 7,2 \cdot 10^{-8}$).

7) Для совершения демографического перехода необходимо достичь определенного уровня развития экономики. Эти средства необходимы для развития социальной сферы и

повышения уровня жизни населения. В связи с этим, чтобы стать устойчивой, страна должна иметь НД примерно не ниже 100 тыс. единиц на 100 человек населения (в начале игры данный показатель составляет около 7 тыс.).

8) Высокий НД не гарантирует устойчивости (причины этого будут пояснены в ходе дальнейшего анализа). Только страны со сверхвысокими доходами, более 133 тыс., характеризуются устойчивостью. Это в очередной раз подтверждает низкий уровень взаимозаменяемости между экологическим, социальным и экономическим благополучием.

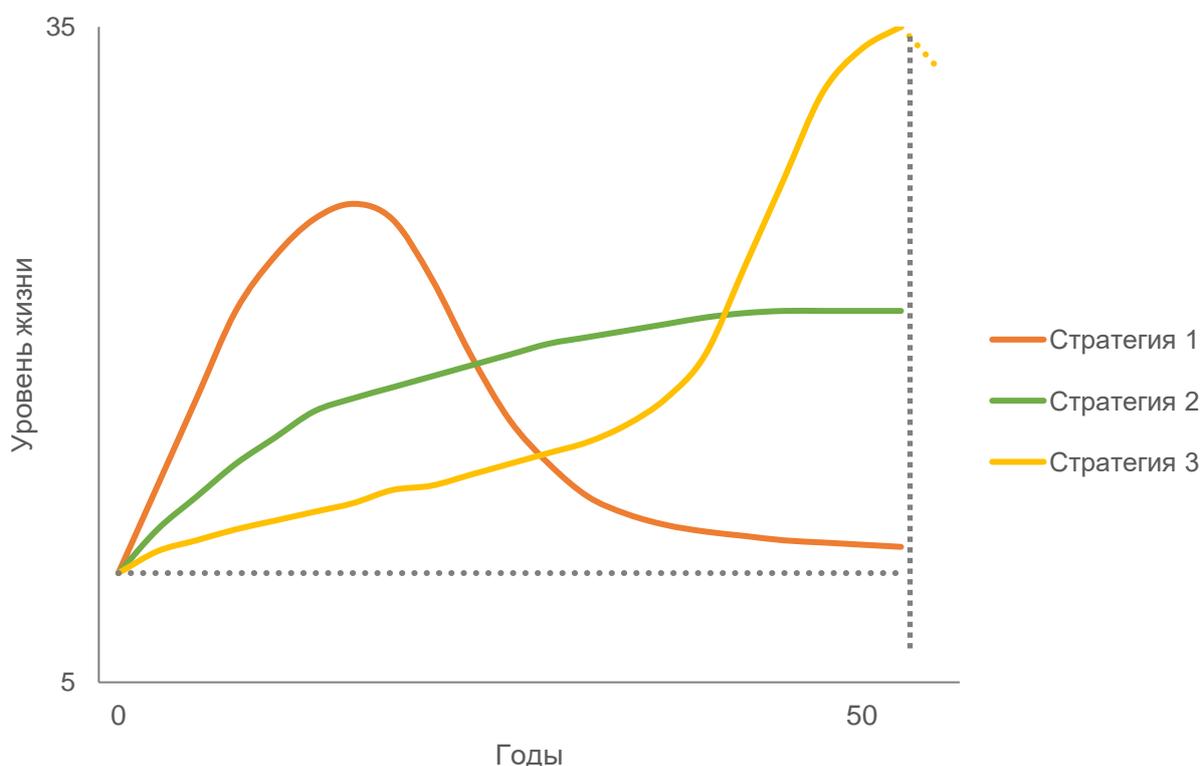


Рисунок 3. Динамика уровня жизни в странах, придерживающихся различных стратегий развития

На основе дерева решений выясним, какие показатели более значимы, а какие менее значимы для страны на пути к устойчивости. Согласно дереву решений на рис. 4 к концу 50-летнего срока 82% неустойчивых стран имеют национальный доход менее 118,7 тыс. и только 17% устойчивых стран имеют НД ниже данной величины.

Девять из 19 неустойчивых стран с НД больше 118,7 тыс. «проедают» значительное количество ресурсов и характеризуются индексом устойчивости не более 5,28% (Крюков, 2009, с. 160–162). Если при высоком НД индекс устойчивости превышает 5,28%, следующим определяющим фактором для достижения устойчивости является численность населения. Страны с населением менее 385 человек с легкостью достигают устойчивости, а вот для стран с большей численностью населения становится важно, насколько экономика страны ресурсоэффективна. Страна, тратящая на единицу выпуска менее 0,445 единиц ресурсов и имеющая средний показатель уровня жизни не выше 21,25 единиц, устойчива, страна же, либо имеющая ресурсоемкость продукции более 0,445 единиц, либо характеризующаяся запредельным уровнем жизни (более 21,25 единицы), с большей вероятностью потребит или неэффективно израсходует ресурсы и окажется неустойчивой.

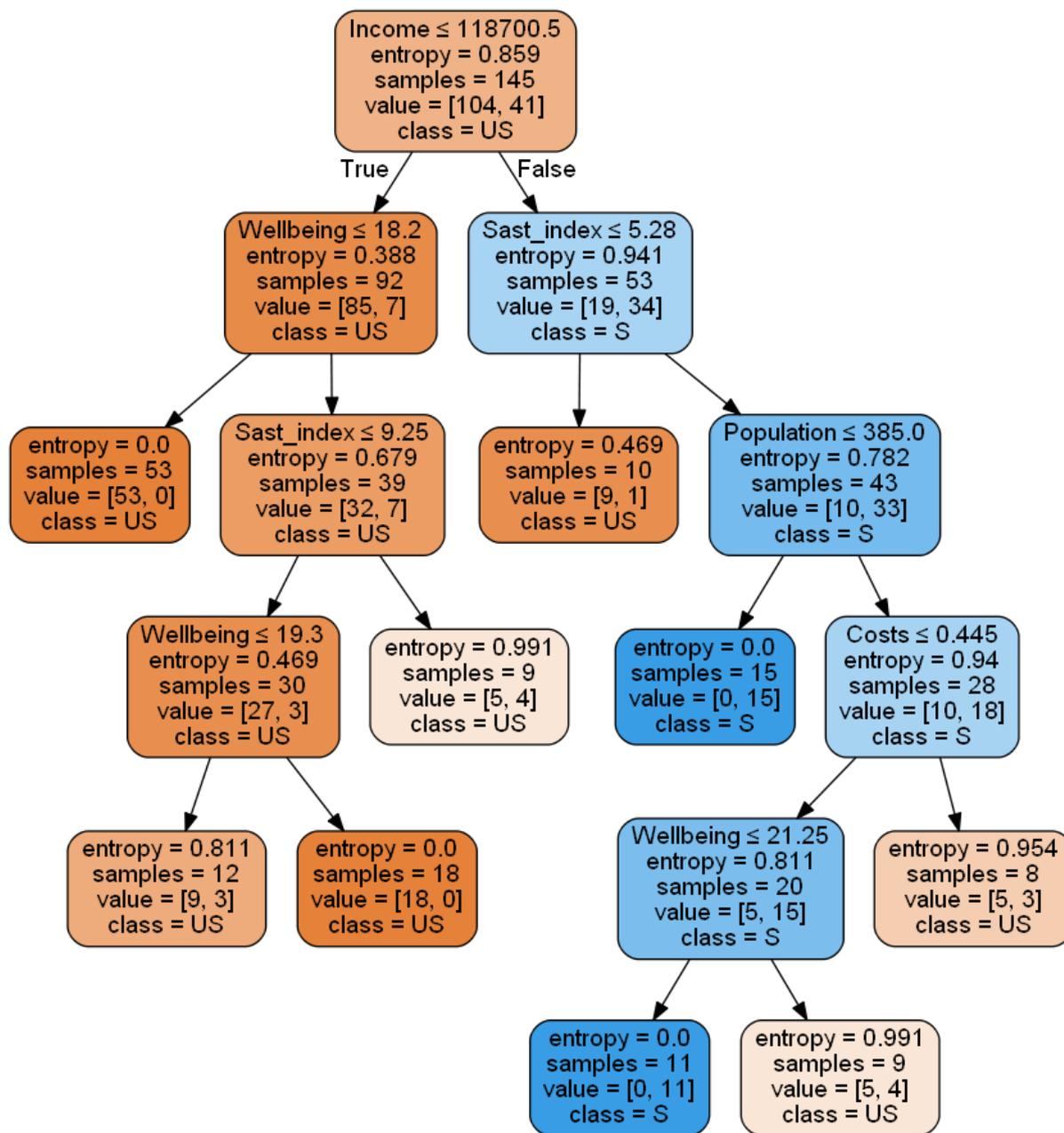


Рисунок 4. Дерево решений (Pedregosa et al., 2011). Обозначения переменных как в табл. 1; US – неустойчивое развитие, S – устойчивое; в квадратных скобках в строке value представлено количество устойчивых и устойчивых стран соответственно, удовлетворяющих условиям листа дерева; entropy - функция измерения качества разделения наблюдений в каждом ветвлении дерева⁴

Мы прошли по правой ветви дерева. Обойдем теперь левую ветвь и постараемся разобраться, что позволяет странам с относительно невысоким НД (НД < 118,7 тыс.) все-таки становиться устойчивыми (из 145 стран в выборке таких всего 7). Если в стране с невысоким НД уровень жизни менее 18,2, то страна достоверно не достигает устойчивости (таких 53 из 145 стран и все они неустойчивы). Если уровень жизни более 18,5 единиц, а индекс устойчивости более 9,25%, то у страны есть шанс быть устойчивой. Если же все-таки страна не может так много сберегать для будущих поколений (индекс устойчивости менее 9,25%), то здесь важно

⁴ Scikit learn Tutorial, URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.tree.DecisionTreeClassifier.html>

пройти по тонкой грани: нужно иметь уровень жизни достаточный для осуществления демографического перехода, но при этом не потребить лишние ресурсы в и без того небогатой стране. В таких условиях страна может быть устойчивой если уровень жизни заключен между 18,5 и 19,3 единицами на душу населения.

Таким образом, определяющими факторами устойчивости является уровень НД, то, сколько национального богатства удастся сохранить для будущих поколений (индекс устойчивости), уровень жизни, ресурсоемкость производства и численность населения. В данной части анализа мы исключили из рассмотрения факт совершения демографического перехода, т. к. эта характеристика тесно связана с уровнем жизни, и присвоением статуса устойчивости стране (страны, которые практически завершили демографический переход, могут быть признаны устойчивыми «авансом»). Также из рассмотрения был исключен сложный показатель защищенности окружающей среды, т. к. его значения, превышающие 1, хоть и обеспечивают высокое качество окружающей среды, но, с другой стороны, явно означают нерациональное использование ресурсов, т. к. дополнительные единицы вложенного капитала не функционируют, а лишь амортизируются.

На основе кластерного анализа выделим пять групп стран с разным уровнем развития и выясним, удалось ли им достичь устойчивого развития, и какие факторы этому препятствовали (рис. 5 и 6).

Лидеры (23 устойчивых страны, 7 неустойчивых)

Первый кластер состоит из стран, совершивших демографический переход и в большинстве своем достигших устойчивого развития (синие метки на рис. 5 и 6). Они характеризуются очень высоким НД (в среднем 134 тыс.), уровнем жизни (в среднем 22,7) и состоянием окружающей среды (в среднем 0,91), при этом, достаточно небольшим населением (387 человек против 400 в среднем по устойчивым странам). Это страны-лидеры, развившие экономику до максимума. В некоторых странах это даже привело к перегреву и переэксплуатации ресурсов: на общем фоне высокой ресурсоэффективности (0,42 единицы на единицу произведенной продукции в среднем) последние характеризуются достаточно большими затратами ресурсов на единицу продукции по причине убывающей предельной производительности ресурсов. Среди данных стран есть недостигшие устойчивого развития, это те, кто в конце игры направил на потребление значительную часть ресурсов и оказался не в состоянии поддерживать достигнутый уровень развития в дальнейшем. Данная ситуация проиллюстрирована на рис. 6 на верхнем диагональном графике распределения: страны-лидеры (синий график) имеют выделяющийся пик повышенного уровня жизни (около 23,9 единиц против 22,4 единиц у стран этого кластера, достигших устойчивости).

Средний класс (16 устойчивых, 32 неустойчивых)

Следующий кластер (оранжевые метки на рис. 5 и 6) – страны, которые можно назвать «средним классом». Это самый многочисленный кластер (48 из 145 стран), треть из которых достигла устойчивости и 80% совершили демографический переход. Иными словами, большинство этих стран были близки к устойчивому развитию, и могли бы его достичь, но из-за различных нюансов, случающихся в экономике, не смогли этого сделать. Данные страны отстают от стран-лидеров по основным показателям, но характеризуются высоким НД (в среднем 118 тыс.), достаточно высоким уровнем жизни (в среднем 19,5), умеренным качеством окружающей среды (в среднем 0,86), умеренной численностью населения (416 в среднем). При

этом численность населения характеризуется значительной вариативностью (что хорошо видно на нижнем диагональном графике на рис. 6). Столь же вариабельным остается и показатель ресурсоемкости продукции. Основной причиной недостижения устойчивости можно назвать дисбаланс в развитии секторов экономики. Данный дисбаланс многолик и может приобретать следующие формы:

1. Энергетический кризис первого рода: создание значительных капиталов в производящих секторах, которые вовремя не были обеспечены энергией в силу инертности энергетического сектора и недостаточных вложений в энергосбережение. Далее данная ситуация превращается в энергетический кризис второго рода: значительные капиталы в производственных секторах не обеспечиваются энергией в силу исчерпания внутренних энергетических запасов и отсутствия средств для покупки нужного количества энергии на внешнем рынке. Таким странам стоило меньше ресурсов вкладывать в производственные капиталы, требующие энергии, и больше средств направлять на преодоление энергетического кризиса.

2. Реализация стратегии 3, представленной на рис. 3: при такой стратегии страна не успевает достичь демографического перехода, т. к. большую часть времени вкладывает в производящие сектора, но ограничивает потребление населения. В конце игры правительство совершает отчаянную попытку наверстать упущенное и направляет на потребление населения чрезмерное количество ресурсов, так что оказывается не в состоянии поддерживать «взятую планку». В связи с этим после 50-го года (ухода кабинета министров в отставку) начинается спад уровня жизни населения.

3. Ситуация в п. 2) может усугубляться запоздалыми вложениями в социальную сферу.

4. Следствием 2) и 3) причин является высокая численность населения, поэтому стране часто просто не хватает ресурсов для обеспечения достаточного уровня жизни населения в перенаселенной стране. Как видно на рис. 2, странам с большой численностью населения редко удается стать устойчивыми, а при достижении определенного порогового значения (490 человек) это в принципе невозможно.

5. Ошибки управления, связанные с нерациональным использованием ресурсов, нецелевым расходованием средств, недоучет текущих потребностей и приоритетов как населения, так и производящих секторов. Неверно вложенные в игру средства (капиталы и энергия) пропадают. Именно по этой причине на рис. 6 в третьем диагональном квадрате мы видим дополнительный пик высоких затрат ресурсов на единицу продукции (Costs) у стран оранжевого кластера.

6. Невыплаченный внешний долг. В основном это происходит по причине неэффективного вложения взятых в долг средств.

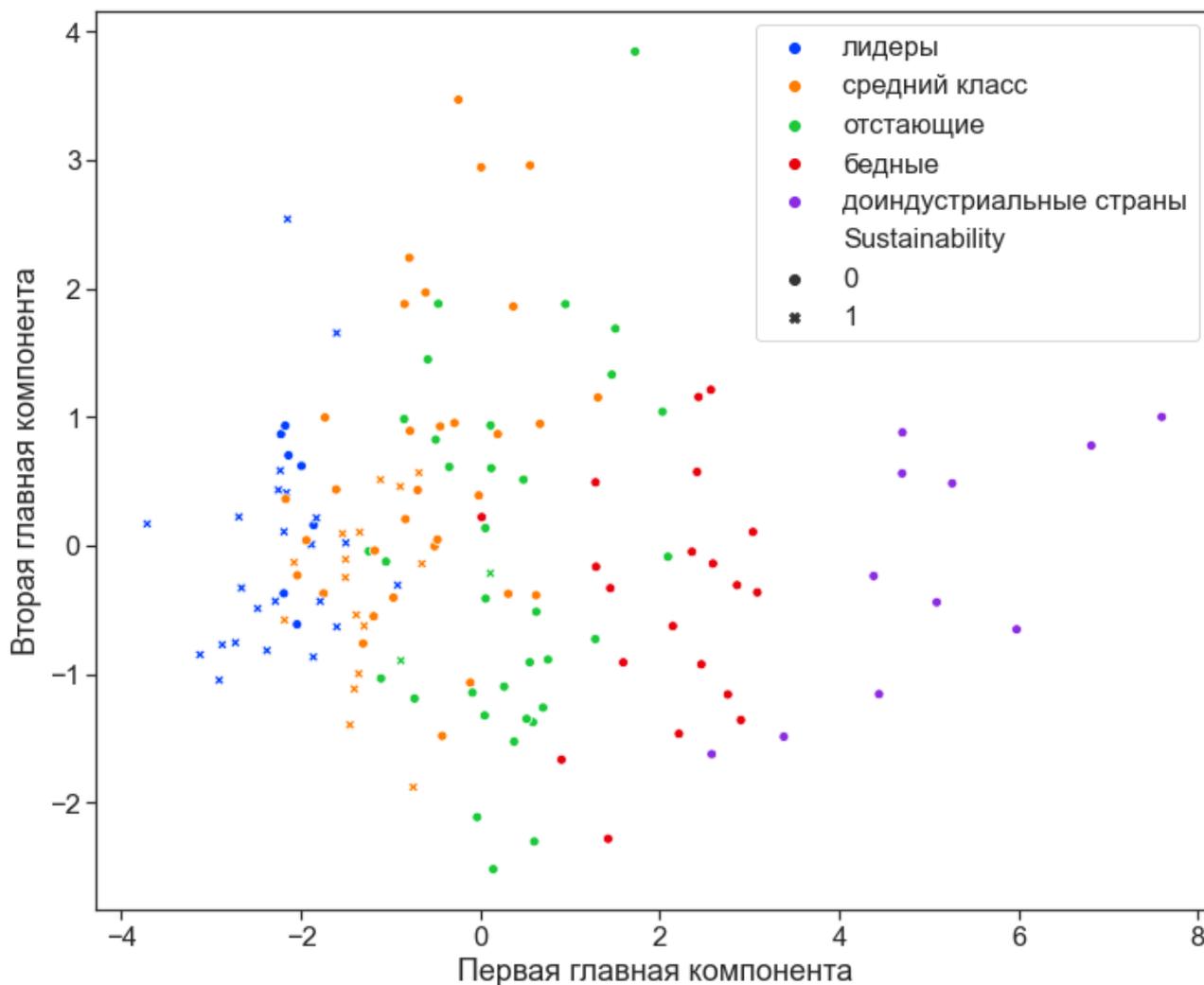


Рисунок 5. Кластеры. График построен в двух первых главных компонентах. Основной вклад в первую из них (по горизонтальной оси) вносят численность населения и уровень жизни (социальная компонента), во вторую (по вертикальной оси) – доход и защищенность окружающей среды (эколого-экономическая компонента). Финальная кластеризация проведения на основе метода k-средних⁵

Отстающие (2 устойчивых, 34 неустойчивых)

Страны третьего кластера (зеленые метки на рис. 5 и 6) качественно напоминают страны предыдущего кластера (средний класс). У них сопоставимая ресурсоэффективность (у обеих групп 0,45 в среднем) и состояние окружающей среды (0,84 против 0,86), но более низкий НД (102 тыс. против 118 тыс.) и уровень жизни (18,2 против 19,5) при более высокой численности населения (456 против 425 человек). Почти никому из них не удалось совершить демографический переход и стабилизировать численность населения. Только двум из 36 стран удалось не совершить типичных ошибок, характерных и для среднего класса, соблюсти баланс в развитии экономики и социальной сферы при сохранении природной среды и, в конечном счете, стать устойчивыми.

⁵ Scikit learn Tutorial, URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html>

Бедные (20 неустойчивых) и доиндустриальные страны (11 неустойчивых)

Два последних кластера (на рис. 5 и 6 с красными и фиолетовыми метками соответственно) похожи качественно, но отличаются количественно. Страны четвертого кластера можно назвать бедными, а пятого – доиндустриальными. Среди них нет ни одной страны, достигшей устойчивости. Это страны с экономиками, неэффективно использующими ресурсы, с низким доходом и уровнем жизни. При этом численность населения в странах очень велика. В среднем качество окружающей среды низко, но разброс по данному показателю очень велик (табл. 3). На рис. 6 на второй диагональной диаграмме для бедных стран (красная линия) виден правый пик. Это страны с высоким качеством окружающей среды. Ими управляли представители партии «зеленых», чьей стратегией было улучшение качества окружающей среды и поддержание его на высоком уровне при невнимании к экономическим и социальным показателям в стране. Восемь из 20 бедных стран имеют положительный индекс устойчивости, т. е. сохраняют осваиваемые богатства страны для будущих поколений, а не полностью их потребляют за рассматриваемый 50-летний период. У всех доиндустриальных стран индекс устойчивости строго отрицательный, т. е. все они «проедают» свои природные ресурсы и результаты слабо развитого производства.

Таблица 3.

Основные показатели стран двух последних кластеров (среднее и стандартное отклонение)

Показатели	Бедные	Доиндустриальные страны
Уровень жизни	15,6 ± 1,6	12,3 ± 1,7
Национальный доход, тыс.	81,4 ± 7	56 ± 10
Ресурсоемкость	0,47 ± 0,03	0,57 ± 0,04
Состояние окружающей среды	0,72 ± 0,20	0,62 ± 0,12
Население	515 ± 54	563 ± 48

Согласно различным логистическим регрессиям, построенным, чтобы объяснить, какие факторы значимо влияют на достижение устойчивости, переменная года остается незначимой. Ситуация не меняется, даже если рассматривать решения не за отдельные годы, а объединять соседние годы в периоды различной продолжительности. Таким образом, можно предположить, что в разные периоды времени в интервале от 2011 до 2020 гг. стратегия министров в достижении устойчивого развития не имела тенденции меняться систематически. Скорее, можно заметить, что пути развития виртуальной страны всегда отличались разнообразием (рис. 7).

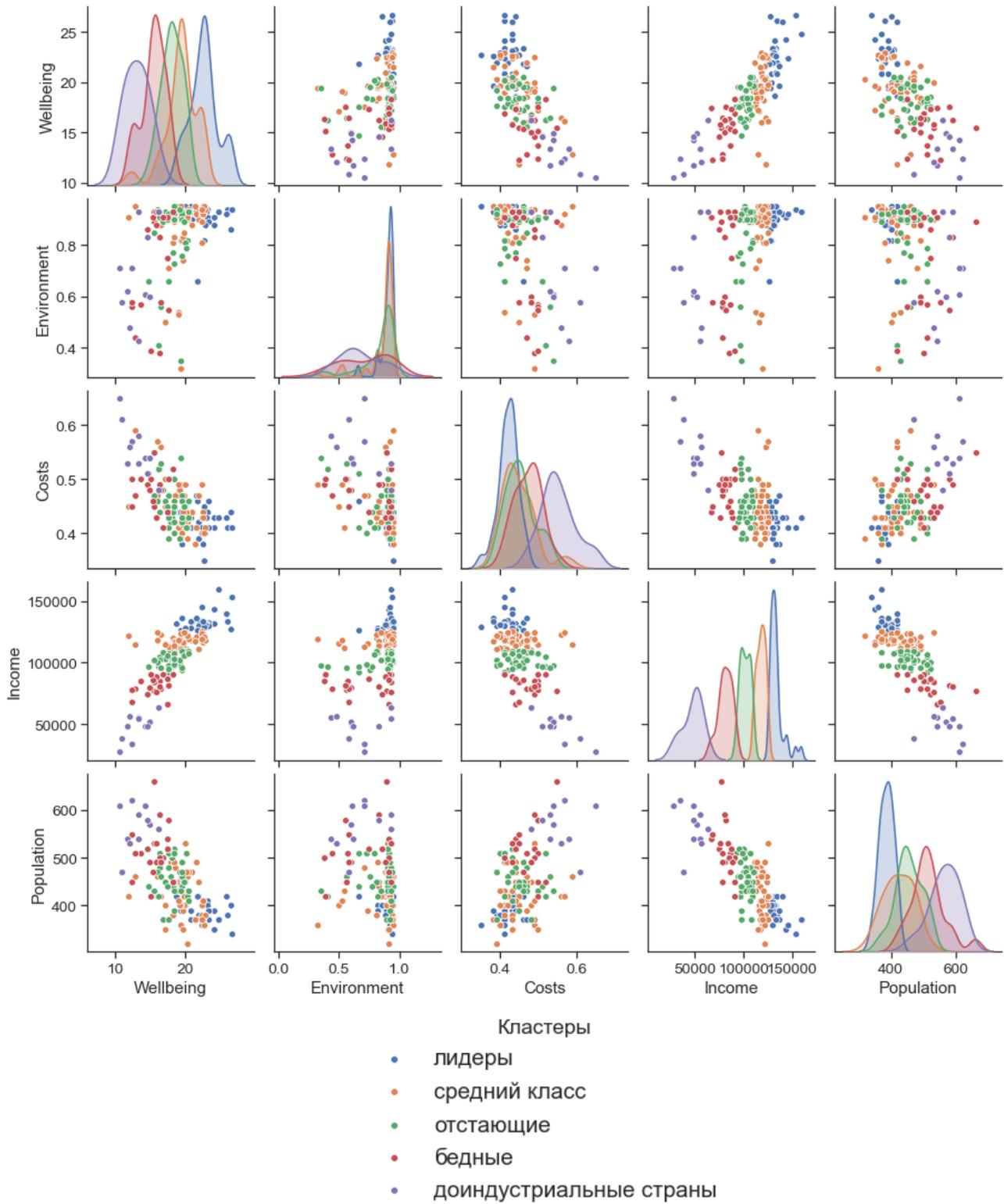


Рисунок 6. Аналогичен рис. 2, цветом выделены страны, принадлежащие к разным кластерам (описание кластеров см. в тексте)

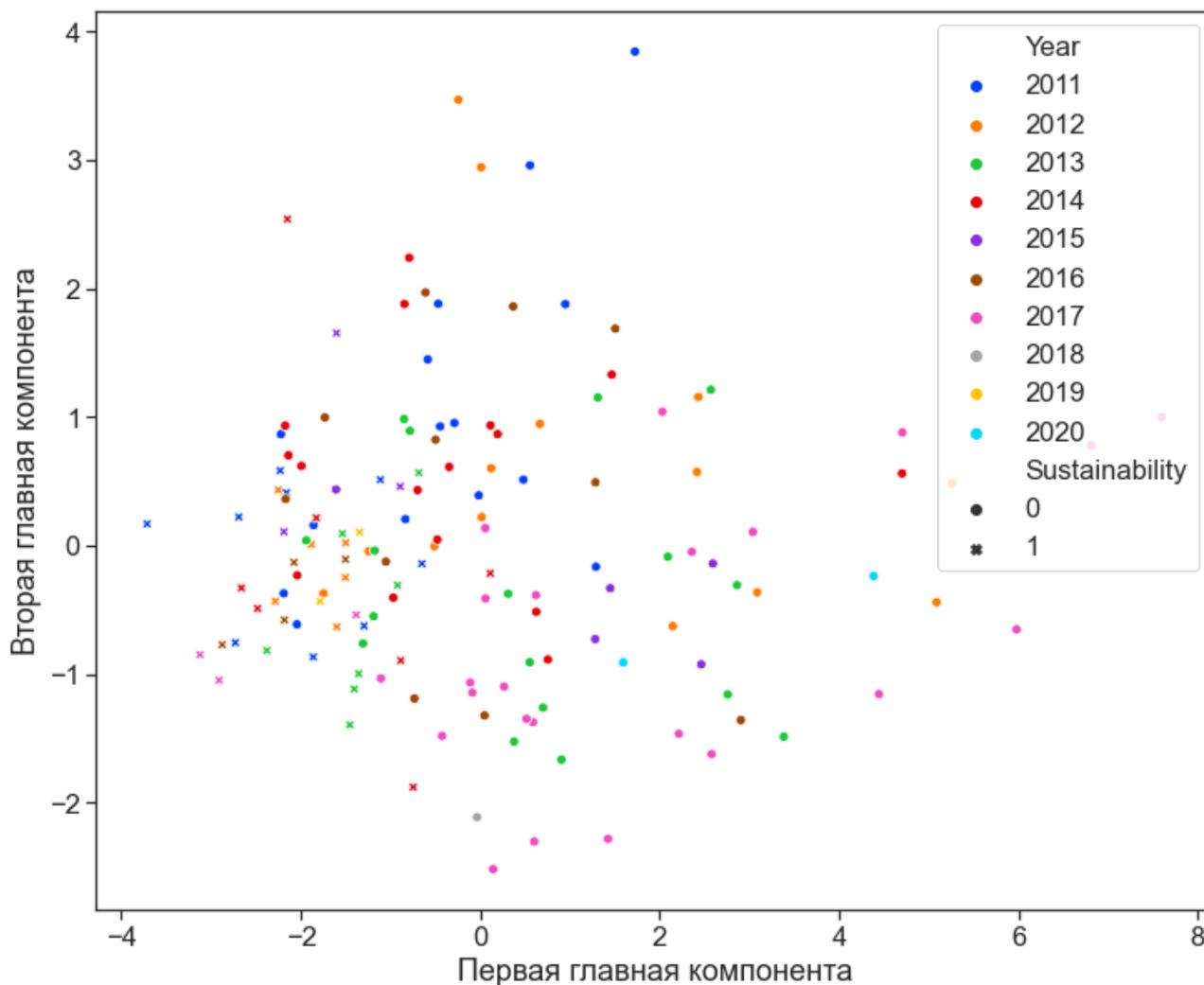


Рисунок 7. Аналогичен рис. 5, цветом показаны решения, принятые командами в разные годы

Выводы

Модель экономики страны с полной информацией, заложенная в деловой игре Стратегема, позволяет заключить, что определяющими факторами достижения УР являются уровень НД, то, сколько национального богатства удастся сохранить для будущих поколений (индекс устойчивости), уровень жизни, ресурсоемкость производства и численность населения. При прочих равных странах с большими капиталами в производственных секторах (энергопроизводстве, промышленности и сельском хозяйстве) чаще удастся достичь УР, в то же время, далеко не все страны с высоким НД становятся устойчивыми. Основными препятствиями на пути к устойчивости выступают:

- энергетический кризис (отставание развития энергетического сектора от секторов, потребляющих энергию),
- низкий уровень жизни населения и недоразвитость социальной сферы, не позволяющие совершить демографический переход,
- высокая численность населения (как следствие комплекса причин, описанных в предыдущем пункте),

- неэффективное использование ресурсов,
- чрезмерное снижение качества окружающей среды или, напротив, захват власти «зелеными»,
- нерациональное использование взятых кредитов.

На основе проведенного анализа подытожим, что отсутствие устойчивости – не следствие недостаточной развитости, а следствие потери баланса и эффективности в использовании ресурсов. Ряду стран при небольшом НД удастся достичь устойчивости, но для этого нужно поддерживать эффективность использования ресурсов. При более высоком НД удастся легче достичь устойчивости, т. к. появляется возможность расходовать некоторые ресурсы менее эффективно.

Гипотеза о систематической смене стратегии достижения УР со временем не подтвердилась. Пути развития виртуальной страны на протяжении всего рассматриваемого периода (с 2011 по 2020 гг.) отличались многообразием.

Добавим, что игра, помимо правдоподобного моделирования хозяйственных взаимосвязей в стране, также реалистично воспроизводит процесс принятия коллективных решений, учитывающих противоречивые интересы разных сторон в процессе управления ограниченными ресурсами. Наш педагогический опыт показывает, что большое влияние на результаты страны оказывает умение игроков договариваться между собой. Ресурсы в игре ограничены, как ограничены они в любой реальной стране и в мире в целом, поэтому устойчивости чаще добивается команда, способная находить компромиссные решения, при которых задачи одного министерства не решаются в ущерб задачам другого. Критическое значение умения договариваться для достижения устойчивости роднит игровые ситуации с современными глобальными реалиями.

Отметим, что полученные нами выводы и их применение ограничиваются дизайном игры: моделирование взаимодействия отраслей неплохо учитывает эффективность распределения ресурсов внутри экономики и среди населения, но потери, связанные с процессом распределения, оставлены без внимания. Системно-динамическая модель планетарной системы, переложённая на изолированную от внешнего мира страну, не учитывает многих факторов, необходимых для устойчивости. Так, в игре слабо учтены межстрановые взаимодействия, не учитываются внешние для страны факторы, определяющие ее роль и место в системе международных отношений, также за рамками остаются межстрановые внешние эффекты, с которыми мы все чаще сталкиваемся на примере экологических катастроф или разворачивающегося углеродного регулирования. Таким образом, пространство вариантов – как в терминах возможностей, так и в терминах ошибок – в реальном мире значительно выше. Затронуть некоторые из этих факторов, а также расширить понимание процесса развития страны во времени – цели наших дальнейших исследований.

Список литературы

Крюков М.М. Имитационная игра стратегема-1: анализ результатов проведения на базе балансовой модели // Вестник Чувашского университета. 2008. № 3. С. 398–410.

Крюков М.М. Эколого-экономическое игровое имитационное моделирование в науке и образовании. М.: ТЕИС, 2009. 199 с.

Adjusted net savings, including particulate emission damage (% of GNI), World Bank Metadata Glossary. URL: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/NY.ADJ.SVNG.GN.ZS> (дата обращения: 10.09.2021)

Brundtland G.H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427, 1987. URL: <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>

Meadows D.L. World3 and Strategem: History, Goals, Assumption, Implications // Integrated Global Models of Sustainable Development – Vol. 1. EOLSS Publisher/UNESCO, 2009. pp. 104-123.

Meadows D.L., Biesiot W., Benders R.M.J., et al. STRATAGEM. A personal computer-based management training game on energy-environment interactions. Version 4.0, Groningen, IVEM research report nr. 105, 2000.

Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfortet A. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // JMLR. 2011. № 12. pp. 2825–2830.

Sterman J.D., Meadows D. STRATAGEM-2: A Microcomputer Simulation Game of the Kondratiev Cycle // Simulation & Games. 1985. № 2. pp. 174–202.

The world bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CDRT.IN?end=2019&locations=US-EU&start=1980> (дата обращения: 27.08.2021)

ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY OF DECISIONS MADE IN THE SIMULATION GAME STRATEGEM*

Ekaterina Yu. Yakovleva

*PhD in Economics, Senior Researcher,
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics
(Moscow, Russia)*

Maria A. Solodova

*Postgraduate student,
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics
(Moscow, Russia)*

Mikhail M. Kryukov **

*PhD, Senior Lecturer,
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics
(Moscow, Russia)*

Abstract

Despite the wide acceptance of sustainable development goals and indicators there is no universal sustainable development strategy or roadmap. We chose simulation game Strategem as a model of economy with full information to identify the relationship between possible development strategies and indicators of sustainable development. The game is developed by the team led by Dennis Meadows for training managers and students. Game is based on the system-dynamic model and reflects the relationship between the key sectors of the economy. The participants of the game are the Cabinet of Ministers, whose goal is to lead the country to sustainable development. In 1992, the game was translated by the staff of the Faculty of Economics at Moscow State University and adapted for teaching purposes. In this study, we analyzed the results of 145 countries, identified the sustainable development paths and indicators of its achievement. We found that the key factors of sustainability are the national income, the sustainability index, the standard of living, the resource efficiency and the population. We conclude that the lack of sustainability is not a consequence of underdevelopment or poverty, but rather the result of imbalanced or inefficient resources usage.

Keywords: sustainable development, business game, simulation modeling, Strategem, demographic transition, teaching at the Faculty of Economics of Moscow State University.

* The research was supported by the intra-faculty grant of the Faculty of Economics of Lomonosov Moscow State University «Sustainable development of Russia's economy under the global low-carbon agenda: from the inter-industry model to industrial policy» (2021).

** The article is dedicated to the memory of Mikhail Mikhailovich Kryukov (1949–2017), PhD, Associate Professor of the Department of Environmental Economics, Faculty of Economics at Lomonosov Moscow State University.

JEL: C150, C220, C930, O130, Q320.

For citation: Yakovleva, E. Yu. Solodova, M. A., Kryukov, M.M. (2022) Analysis of the Sustainability of Decisions Made in the Simulation Game Strategem. Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal, vol. 14, no. 1, pp. 19-39. DOI: 10.38050/2078-3809-2022-14-1-19-39.

References

Kryukov. M.M. Imitatsionnaya igra strategema-1: analiz rezultatov provedeniya na baze balansovoy modeli [Imitation game strategem-1: analysis of the results based on the balance model], Vestnik Chuvashskogo universiteta [Bulletin of the Chuvash University], 2008, no. 3, pp. 398–410 (In Russian).

Kryukov. M. M. Ekologo-ekonomicheskoye igrovoye imitatsionnoye modelirovaniye v nauke i obrazovanii [Ecological and economic game simulation in science and education]. M.: TEIS, 2009, 199 p. (In Russian).

Brundtland G.H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427, 1987. Available at: <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>

Meadows D.L. World3 and Strategem: History, Goals, Assumption, Implications, Integrated Global Models of Sustainable Development Vol. 1. EOLSS Publisher, UNESCO, 2009, pp. 104-123.

Meadows D.L., Biesiot W., Benders R.M.J., et al. STRATAGEM. A personal computer-based management training game on energy-environment interactions. Version 4.0, Groningen, IVEM research report nr. 105, 2000.

Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfortet A. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python, JMLR, 2011, no. 12, pp. 2825–2830.

Sterman J.D., Meadows D. STRATAGEM-2: A Microcomputer Simulation Game of the Kondratiev Cycle, Simulation & Games, 1985, vol. 16, no. 2, pp. 174–202. doi:10.1177/0037550085162006.