

Формирование интегрального показателя – индекса готовности стран к космической деятельности

Formation of an integral indicator – an index of countries readiness for space activities

С целью формирования единого индекса готовности стран к космической деятельности предложена система показателей двух типов: качественные и количественные. Качественные показатели отвечают на вопросы реализации космических программ государствами. Количественные показатели (индексы) рассчитываются мировыми технологическими институтами и международными аналитическими агентствами. Каждый индекс состоит из нескольких субиндексов, которые наиболее точно отражают текущую ситуацию в мире.

Индекс готовности стран рассчитывается на основе метода расстояний. Для оценки веса каждого индекса проводится корреляционный анализ количественного показателя и итогового качественного показателя (сумма единичных показателей).

In order to form a unified index of countries' readiness for space activities, a system of indicators of two types is proposed: qualitative and quantitative. Qualitative indicators respond to the implementation of space programs by states. Quantitative indicators (indices) are calculated by world technological institutes and international analytical agencies. Each index consists of several sub-indices that most accurately reflect the current situation in the world. The country readiness index is calculated on the basis of the distance method. To assess the weight of each index, a correlation analysis of the quantitative index and the final qualitative index (the sum of single indicators) is conducted.

Ключевые слова: интегральный показатель, космическая деятельность, методология, корреляция, коэффициент корреляции, корреляционный анализ

Keywords: integral indicator, space activity, method, correlation, correlation coefficient, correlation analysis



ШАМСУВАЛЕЕВА АЛИНА МАРАТОВНА

Техник Управления перспективных программ и инвестиционного анализа,
АО «Организация «Агат».
Студент кафедры «Экономика и организация производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: ShamsuvalievaAM@agat-roskosmos.ru

SHAMSUVALEEVA ALINA

Technician of the Department of Prospective Programmes and Investment Analysis, JSC "Organization "Agat".
Student of Economics and Manufacturing Process Management Department, Bauman Moscow State Technical University

**ПРОХОРОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ**

Директор департамента перспективных программ и проекта СФЕРА, Госкорпорация «Роскосмос»

E-mail: Prokhorov.SY@roscosmos.ru

PROKHOROV SERGEY

Director of the Department of Prospective Programmes and SFERA Project, State Space Corporation "Roscosmos"

**ОРЛОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ**

Д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана

E-mail: Prof-orlov@mail.ru

ORLOV ALEKSANDR

Grand PhD in Economics, Grand PhD in Engineering, PhD in Physics and Mathematics, Prof. of Bauman Moscow State Technical University

**ПИВКИН АЛЕКСЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ**

Заместитель генерального директора по стратегическому развитию, АО «Организация «Агат»

E-mail: PivkinAL@agat-roscosmos.ru

PIVKIN ALEKSEY

Deputy CEO of Strategy Development, JSC "Organization "Agat"

**ЛЕУС НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

Главный эксперт Управления стратегического планирования и операционной эффективности, АО «Организация «Агат»

ORCID: 0009-0000-0712-4370

E-mail: LeusNA@agat-roscosmos.ru

LEUS NIKOLAY

Chief Expert of the Department of Strategic Planning and Operational Efficiency, JSC "Organization "Agat"

Введение

За последние несколько десятилетий космический рынок активно развивается и привлекает денежные средства со стороны государств, коммерческих организаций и частных инвесторов. Согласно Закону РФ «О космической деятельности» от 20.08.1993 N 5663-1 (с изменениями и дополнениями) к основным направлениям космической деятельности относятся:

- научные космические исследования;
- использование космической техники для связи, телевизионного и радиовещания;
- дистанционное зондирование Земли из космоса, включая государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) и метеорологию;
- использование спутниковых навигационных и топогеодезических систем;
- пилотируемые космические полеты;
- использование космической техники, космических материалов и космических технологий в интересах обороны и безопасности Российской Федерации;

- наблюдение за объектами и явлениями в космическом пространстве;
- испытания техники в условиях космоса;
- производство в космосе материалов и иной продукции;
- другие виды деятельности, осуществляемые с помощью космической техники.

Для успешного осуществления космической деятельности в текущей геополитической ситуации игрокам космического рынка необходимо учитывать большое количество факторов развития национальных экономик. К настоящему моменту не существует конкретной методики определения готовности стран к осуществлению космической деятельности. В связи с этим предлагается разработать метод расчета индекса готовности стран к космической деятельности.

Мировой космический рынок

При решении задач космической деятельности и использовании ее результатов между собой взаимодействуют десятки государств и государственных объеди-

нений, сотни крупных международных и национальных предприятий и организаций. Чтобы охарактеризовать и оценить роль космической деятельности в мировой экономике, часто используют понятие «Мировой космический рынок» (МКР) [1].

Мировой космический рынок разделен на 4 сегмента: производство космических аппаратов (КА), пусковые услуги, наземное спутниковое оборудование и навигационные сервисы, спутниковые услуги. Кроме того, отдельно выделяют сегмент государственных бюджетов, включающий научные космические исследования и государственные программы.

По прогнозной оценке АО «Организация «Агат», среднегодовой темп роста рынка в 2023-2032 гг. составит 7,48%.

Общий объем мировых государственных расходов на космическую деятельность в 2023 году достиг 117,0 млрд долл. США, что на 15,0% превышает уровень 2022 года (103,0 млрд долл. США). В периоде с 2021 по 2022 гг. показатель вырос на 10,4% (с 92,3 млрд долл. США до 103,0 млрд долл. США) [2].

Представим государственные расходы на космиче-

скую деятельность в 2021-2023 годах на рис. 1.

На сегодняшний день 15 стран обладают возможностью осуществления независимых пусков ракет-носителей, 50 стран реализуют спутниковую программу.

Особенности космической деятельности

Космическая отрасль значительно отличается от других областей и отраслей экономики. Ключевыми особенностями космической отрасли являются:

- наукоемкое производство;
- высокие риски производства;
- продолжительные стадии разработки и создания продукта;
- длительные инвестиционные циклы;
- масштабные капиталовложения.

При формировании и выполнении национальных космических программ и создании космической техники к организационно-управленческим и технико-технологическим возможностям предъявляются требования высокого уровня.

Важными условиями формирования и выполнения космических программ являются готовность государств

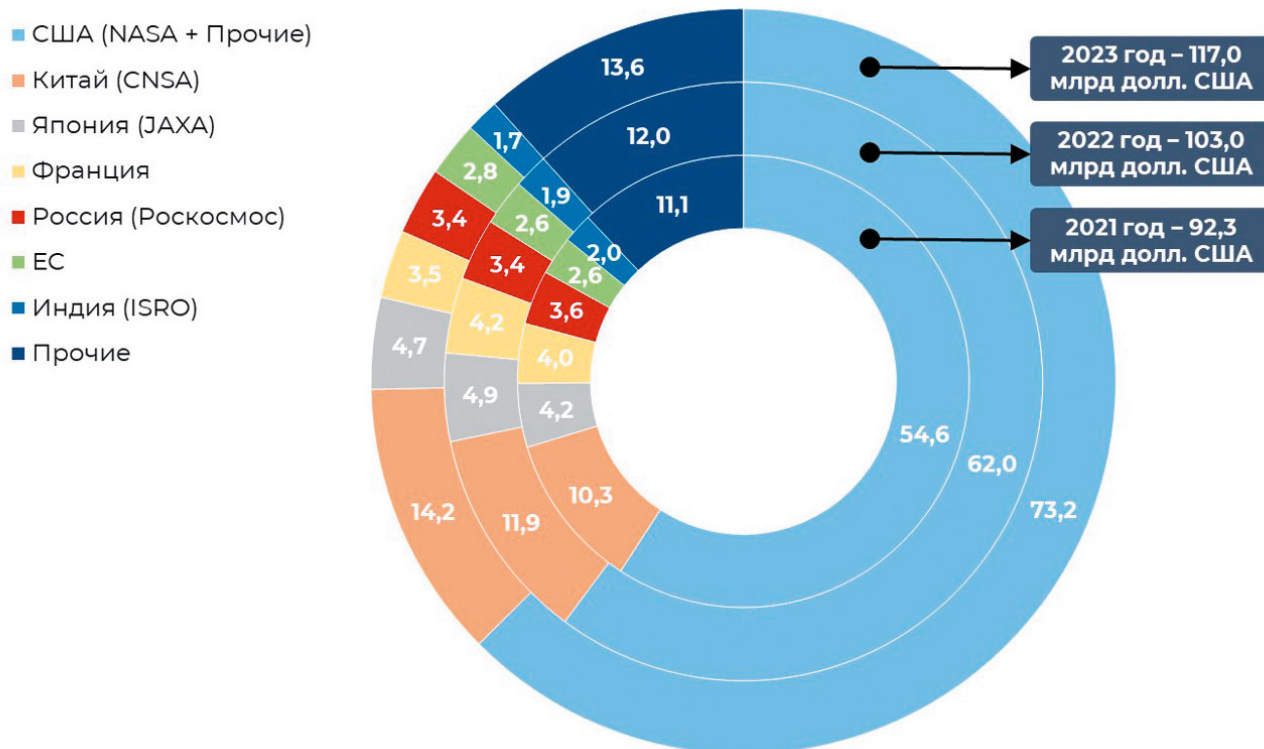


Рис. 1. Государственные расходы на космическую деятельность в 2021-2023 годах.
Источник: составлено авторами на основе данных Euroconsult¹ [2]

¹ Euroconsult – ведущая международная консалтинговая и аналитическая фирма, специализирующаяся на спутниковых приложениях, связи и цифровом вещании.

и наличие у них возможности для стабильного финансирования отрасли.

Реализация национальной космической деятельности требует наличия космической инфраструктуры и поддержания ее функционирования, в частности действующих наземных комплексов: космодромов, центральных и сетевых пунктов управления, станций телеметрии.

В целом, возможность реализации космической деятельности находится в сильной зависимости от общего уровня развития государства: экономической и политической ситуации, социальных условий, степени развития технологий, инфраструктуры и информационно-коммуникационных сетей, стабильности окружающей среды.

Также на уровень мотивации государства к развитию космической деятельности влияют культурные особенности населения, определяющие стратегию развития государства в целом.

Таким образом, готовность страны к осуществлению космической деятельности – это многомерный показатель.

Чем больше критериев входят в показатель, тем сложнее его измерить. Для этого необходимо создать конкретную модель оценки показателя, которая будет соответствовать целевому назначению оценки и содержать следующие аспекты, показывающие уровни:

- технологичного развития и проникновения инноваций;
- цифрового развития;
- военного потенциала и объемов инвестиций в военный сектор;
- степени контроля, общего положения государства, конфликтов;
- благосостояния граждан, эффективности рынков товаров, услуг и труда;
- достижения государствами целей устойчивого развития;
- устойчивости государственной власти;
- интеграции стран в мировое пространство в трех суммарных аспектах – экономическом, социальном и политическом.

Для расчета индекса, который будет отвечать на данные вопросы, необходимо выбрать конкретные показатели, которые должны соответствовать смысловому содержанию вопросов и количественно отражать их оценку.

Итоговый индекс готовности должен отражать комплексную оценку показателей и коррелировать с реальной ситуацией на международном космическом рынке.

Оценка готовности государства к космической деятельности

Готовность страны к ведению космической деятельности представляет собой комплексную характеристику, оценивающую общую экосистему государства и достигнутый им уровень развития. При этом необходимо учитывать наличие намерения государства к осуществлению космической деятельности на высшем правительственном уровне, наличие компетенций и инфраструктуры.

Для получения количественной оценки данного параметра необходимо разработать обобщающий интегральный показатель, обеспечивающий методологическое единство частных показателей для отображения единой общей оценки уровня исследуемого явления.

Методы упорядочения совокупности объектов

Для упорядочения (приоритизации) совокупности изучаемых объектов разработаны два основных подхода [3; 4]. Один из них основан на анализе упорядочений, полученных от экспертов. При этом коллективное мнение комиссии экспертов может быть получено различными методами – на основе сравнения сумм баллов, выставленных экспертами, медиан баллов, расчета согласующей ранжировки или медианы Кемени. Второй подход основан на использовании системы факторов (показателей), по каждому из которых находят оценки изучаемых объектов, а затем эти оценки объединяют в интегральном показателе, который называют также обобщенным показателем, индексом, рейтингом [5]. В настоящей статье мы используем второй подход.

При исследовании сложных экономических явлений возникает потребность в использовании интегральных оценок. Обусловлено это большими объемами информации, которую необходимо проанализировать, обобщить и структурировать. Совокупность частных показателей, характеризующих отдельные срезы (стороны) явления (объекта), сама по себе не может дать обобщенного оценочного представления об объекте исследования и тенденциях развития, а также обосновать прогнозные оценки [6].

В настоящее время при проведении различных экономических, технических, социологических исследований все чаще используется интегральная оценка показателей. Интегральная оценка позволяет получить общую оценку на основе нескольких показателей. Основным преимуществом такого метода является возможность получить комплексное представление об объекте исследования. Интегральная оценка может быть сложной в применении и требует обоснованного выбора показателей и их весовых коэффициентов.

Существует несколько различных подходов к расче-

ту интегрального показателя, однако в каждом из них можно выделить общие этапы [7]:

1. определение показателей, на основе которых будет производиться оценка;
2. сбор первичных данных по каждому показателю;
3. расчет значений по каждому показателю;
4. приведение всех показателей к единой шкале измерений (приведение к сопоставимому виду);
5. определение весовых коэффициентов для каждого показателя в соответствии со степенью важности каждого показателя;
6. расчет интегрального показателя в соответствии с выбранным методом;
7. ранжирование объектов в соответствии с полученной интегральной оценкой.

Методы определения интегрального показателя

Существует несколько методов определения интегральных показателей [6], в том числе:

1. Суммирование значений показателей. Основным достоинством метода является простота расчетов, однако метод не позволяет учитывать степень значимости отдельных показателей и не дает объективной оценки исследования.
2. Суммирование средневзвешенных арифметических групповых показателей. Метод обеспечивает более высокую точность расчетов и, как следствие, обоснованность выводов за счет нахождения весовых коэффициентов.
3. Произведение средневзвешенных геометрических групповых показателей. Метод обеспечивает более высокую точность расчетов за счет нахождения весовых коэффициентов и применяется в случаях, когда важны не абсолютные значения, а относительный разброс характеристик.
4. Метод суммы мест. При использовании данного метода необходимо провести процедуру ранжирования показателей по каждому критерию. Далее определяется сумма рангов по всем критериям для каждого показателя. Основным достоинством метода является простота расчетов, однако возможно получение высокой оценки при значительном отставании любого единичного.
5. Метод расстояний. Достоинством этого метода является более формализованный подход, позволяющий получить обобщенный критерий, однако существует необходимость проведения дополнительной процедуры – выбор эталона.

Для расчета интегрального показателя готовности государств к космической деятельности выбран метод расстояний, так как он является наиболее гибким и уни-

версальным. Суть метода состоит в вычислении расстояний между фактическими значениями показателей и их идеальных представлений (эталонов). Существует два варианта выбора эталонного значения: наилучший фактический показатель и наибольший возможный показатель. При расчете индекса готовности государств к космической деятельности в качестве эталонных значений выбраны наибольшие возможные показатели, для того чтобы наглядно показать, насколько каждое государство близко к возможному идеальному состоянию.

Последовательность шагов при формировании интегрального показателя

Шаг 1. Определение показателей, на основе которых будет производиться оценка

Для проведения оценки готовности государств к космической деятельности выбраны показатели, рассчитанные мировыми технологическими институтами и международными аналитическими агентствами (нумерация индекса соответствует нумерации аспектов, описанных в пункте «Особенности космической деятельности»):

- индекс инноваций;
- индекс сетевой готовности;
- индекс военной силы;
- индекс слабости;
- индекс конкурентоспособности;
- индекс устойчивого общества;
- индекс силы;
- индекс глобализации.

Приведем краткую информацию об этих показателях.

1. Индекс инноваций (The Global Innovation Index, GII) [8].

Индекс глобальных инноваций разработан некоммерческой бизнес-школой INSEAD и публикуется ежегодно с 2007 г. Всемирной организацией интеллектуальной собственности, а с 2021 г. в сотрудничестве с Институтом Портуланс (Portulans Institute).

Индекс инноваций показывает эффективность функционирования инновационной среды – фактора, обеспечивающего высокие темпы роста, технологичность производства, ресурсосбережение, и являющегося элементом мягкой силы.

Включает в себя 80 показателей, рассчитывается путем получения простого среднего значения баллов по двум субиндексам – Индексу вклада в инновации (институты, человеческий капитал и наука, инфраструктура, уровень развития рынка и бизнеса) и Индексу выпуска инноваций (развитие и распространение технологий и экономики знаний, результаты креативной деятельности) – каждый из которых оценивается методом средневзвешенного значения входящих

в них показателей.

Источниками информации являются:

Международный союз электросвязи, Всемирный банк, Всемирный экономический форум и другие организации.

В 2023 г. индекс включал в выборку 132 государства.

2. Индекс сетевой готовности (The Network Readiness Index, далее – NRI) [9].

Индекс оценивает степень готовности стран использовать возможности информационно-коммуникационных технологий: распространение цифровых технологий в современном сетевом мире, интеграцию технологий и людей в эффективную структуру управления для оказания нужного влияния на экономику, общество и окружающую среду.

Модель NRI опирается на четыре фундаментальных измерения: технологии, люди, управление и влияние. Благодаря целостному подходу NRI охватывает самые разные вопросы: от технологий будущего, таких как искусственный интеллект и Интернет вещей, до роли цифровой трансформации в достижении Целей устойчивого развития (далее – ЦУР).

Индекс создан в 2002 году и впервые представлен на Всемирном экономическом форуме (World Economic Forum). С 2019 года его модернизированную версию стала рассчитывать и публиковать международная некоммерческая организация Институт Портуланс. Учитывает около 60 показателей. Рассчитывается и публикуется ежегодно. В 2023 г. включал в выборку 131 государство.

3. Индекс военной силы (Power Index, PwrIndx) [10].

Индекс военной силы, рассчитываемый компанией GlobalFirepower (GFP), оценивает военную мощь и военный потенциал государства. Учитывает не только фактическую военную мощь, но и технологическую и экономическую составляющие, что позволяет небольшим государствам с сильной экономикой конкурировать с большими по территории и населению державами.

С 2006 года GlobalFirepower (GFP) предоставляет уникальную аналитическую информацию о 145 современных военных державах. Результаты включают в себя значения, относящиеся к живой силе, оборудованию, природным ресурсам, финансам и географии, представленные более 60 индивидуальными факторами, использованными при составлении окончательного рейтинга GFP. Чем меньше его значение, тем сильнее государство в военном плане.

4. Индекс слабости (The Fragile States Index, FSI) [11].

Индекс слабости государства разрабатывается независимой организацией Fund for Peace и подходит для сравнительного анализа государств по степени контроля и общему положению государства. Индекс также используется для прогнозирования конфликтов.

В методологии индекса даны признаки слабого государства, включающие в себя потерю фактического контроля над территорией, потерю монополии на насилие, неспособность политической системы принимать политические решения, невозможность обеспечения населения первичными благами, неспособность государства обеспечить свою деятельность на международной арене. Максимально возможный балл — 120 (максимальная степень угрозы).

5. Индекс конкурентоспособности (The Sustainable Competitiveness Index, SCI) [12].

Индекс глобальной конкурентоспособности оценивает способность стран обеспечить высокий уровень благосостояния своих граждан и в первую очередь зависит от того, насколько эффективно страна использует имеющиеся ресурсы.

Индекс состоит из около 100 переменных, две трети которых получены в результате опроса мнения репрезентативной выборки из руководителей и бизнес-лидеров в их странах, а одна треть – из общедоступных источников информации (данные и отчеты международных организаций). Переменные сгруппированы в 12 компонентов, где каждый компонент представляет область, рассматриваемую как важный фактор, определяющий конкурентоспособность.

Глобальное исследование и рейтинг по показателю экономической конкурентоспособности выпускается под эгидой Всемирного экономического форума. Индекс рассчитывается с 2004 г. Последний имеющийся отчет выпущен в 2020 г.

6. Индекс устойчивого общества (The Sustainable Development Goals, SDG Index) [13].

Международная организация SDG Transformation Center предоставляет научно-обоснованные инструменты и аналитику для поддержки реализации ЦУР, а также является платформой для обучения и обмена опытом.

SDG Transformation Center выпускает ежегодный флагманский отчет об устойчивом развитии (Sustainable Development Report, SDR), который включает в себя индекс ЦУР и информационные панели. Ежегодно этот отчет представляет собой наиболее полную оценку результатов деятельности всех 193 государств-членов ООН по 17 ЦУР.

Основополагающие принципы ЦУР – социальная интеграция, международное сотрудничество, ответственное производство и потребление, а также всеобщий доступ к услугам. Правительства и гражданское общество используют SDR для определения приоритетов действий, понимания основных проблем реализации, отслеживания прогресса, обеспечения подотчетности

и выявления пробелов, которые необходимо устранить для достижения ЦУР к 2030 году и в последующий период.

7. Индекс силы (The State Power Index, SPI) [14].

Глобальный индекс государственной власти за 1991-2017 годы был создан для Института Европы и представлен в польской штаб-квартире Европейской комиссии. Это один из первых глобальных индексов государственной мощи, который учитывает сумму культурных, географических и дипломатических факторов власти, наряду с экономическими и военными. Индекс государственной власти предполагает значения от 0 до 100 баллов.

8. Индекс глобализации (The KOF Globalization Index, KOFGI) [15].

Индекс уровня глобализации стран мира (KOF Globalization Index) разработан в 2002 году исследовательской группой Швейцарского экономического института (KOF Konjunkturforschungsstelle) при участии специалистов Федерального Швейцарского технологического института (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich). Индекс позиционируется как комбинированный показатель, который позволяет оценить масштаб интеграции той или иной страны в мировое пространство и сравнить разные страны по его компонентам.

Все страны, исследуемые в рамках Индекса, оцениваются по 24 показателям, объединенным в три основные группы глобальной интеграции: экономическая глобализация, социальная глобализация, политическая глобализация. Источниками информации при построении Индекса служат специализированные базы данных Всемирного банка, Международного валютного фонда, Организации Объединенных Наций, Международного телекоммуникационного союза, других международных организаций, а также информация статистических институтов.

Шаг 2. Сбор первичных данных по каждому показателю

На данном этапе производится поиск публикаций индексов в глобальной сети Интернет с использованием достоверных источников (сайтов мировых технологических институтов и международных аналитических агентств).

Шаг 3. Расчет значений по каждому показателю

Индексы, отобранные на первом шаге, заранее рассчитаны авторитетными изданиями. Поэтому потребность в дополнительном расчете каждого показателя отсутствует. В дальнейшем для обновления значений индексов (при отсутствии их публикаций) могут быть использованы методологии, определенные организаци-

ями, которые рассчитывают данные индексы самостоятельно.

Шаг 4. Приведение всех показателей к единой шкале измерений (приведение в сопоставимый вид)

Показатели индексов рассчитаны в различных шкалах. Например, индекс глобализации рассчитан в 100-балльной шкале, а индекс военной силы не имеет конкретного шкалирования и является обратным. Для того чтобы показатели были сопоставимы (\bar{x}_{ij}), приведем их к общему виду (10-балльная шкала) при помощи операции нормирования прямых показателей (x_{ij}) по формуле [7]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \quad (1)$$

где \bar{x}_{ij} – прямой показатель i-го индекса, j-го государства;

x_{ij} – максимальный прямой показатель i-го индекса.

Для нормирования обратных показателей применяется формула [7]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{10}{\max \frac{10}{x_{ij}}}, \quad (2)$$

где \bar{x}_{ij} – обратный показатель i-го индекса, j-го государства;

$\max \frac{10}{x_{ij}}$ – максимальное значение обратного показателя i-го индекса.

Шаг 5. Определение весовых коэффициентов для каждого показателя в соответствии со степенью важности каждого показателя

Для определения весовых коэффициентов показателей необходимо провести корреляционный анализ соответствия каждого индекса и итогового качественного показателя. Итоговый качественный показатель рассчитывается как сумма единичных бинарных (имеет только два возможных значения: 0 и 1) показателей, отражающих результаты космической деятельности каждой страны. Для оценки результатов космической деятельности государств рассмотрены следующие аспекты [16]:

- создано национальное космическое агентство;
- разработан и запущен космический аппарат;
- осуществлен пуск ракеты-носителя собственного производства;
- осуществлена миссия по изучению Луны, или небесных тел в солнечной системе, или дальнего космоса;
- наличие космической станции;

- осуществлен полет человека в космос;
- осуществлена высадка человека на Луну.

При положительном ответе на один вопрос государство получает 1 балл, при отрицательном – 0 баллов, таким образом, каждая страна при оценке результатов космической деятельности может получить от 0 до 7 баллов. Полученное значение будет являться итоговым качественным показателем.

При проведении корреляционного анализа необходимо выбрать корректный коэффициент корреляции. Чаще всего при проведении корреляционного анализа используются следующие коэффициенты:

- линейный коэффициент корреляции Пирсона (r_n);
- ранговый коэффициент корреляции Спирмена (ρ);
- ранговый коэффициент корреляции Кендалла (τ).

Выбор коэффициента корреляции зависит от типа шкалы переменных и от формы распределения. Если анализируются количественные данные, то обычно выбирают коэффициент корреляции Пирсона, при этом рекомендуется проверка распределения на нормальность. При анализе данных, которые не подчиняются нормальному распределению, часто выбирают ранговый коэффициент корреляции Спирмена, однако если наблюдается большое количество одинаковых рангов по одной или нескольким сопоставляемым переменным, то коэффициент дает огрубленные значения. Альтернативным методом расчета рангового коэффициента является коэффициент корреляции Кендалла, который позволяет найти тесноту связи двух выборок, измеренных в порядковых шкалах.

Поскольку итоговый качественный показатель может принимать лишь одно из 8 значений, то очевидно, что его распределение не является нормальным.

В соответствии с теорией устойчивости экономико-математических методов и моделей [17; 18] целесообразно провести расчеты для всех трех коэффициентов корреляции (Пирсона, Спирмена и Кендалла) и сопоставить результаты итоговых расчетов. Если они близки, то нет необходимости выбирать тот или иной из коэффициентов корреляции. Если различны, то следует опираться на ранговые коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла, а при необходимости выбора между ними выбрать коэффициент корреляции Кендалла, поскольку он линейно связан с расстоянием Кемени.

Расчет коэффициента корреляции Пирсона

Коэффициент корреляции Пирсона [19] i -го индекса и итогового качественного показателя рассчитывается по формуле (r_{ni}):

$$r_{ni} = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

где \bar{x}_{ij} – значение показателя i -го индекса j -ой страны, приведенного к сопоставимому виду;

y_j – значение итогового качественного показателя j -ой страны;

\bar{x}_i – среднее арифметическое i -го индекса, приведенного к сопоставимому виду;

\bar{y} – среднее арифметическое итогового качественного показателя;

n – количество элементов выборки (государств).

Расчет коэффициента корреляции Спирмена

Для расчета коэффициента корреляции Спирмена [19] необходимо проранжировать значения показателей по каждому индексу (r_{ij}) и итоговый качественный показатель (q_j).

Коэффициент корреляции Спирмена i -го индекса и итогового качественного показателя рассчитывается по формуле (ρ_{ni}):

$$\rho_{ni} = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^n (r_{ij} - q_j)^2}{n^3 - n}, \quad (4)$$

где r_{ij} – ранг j -ой страны i -го индекса показателя;

q_j – ранг j -ой страны итогового качественного показателя;

n – количество элементов выборки (государств).

Для оценки статистической значимости коэффициентов корреляции Пирсона, Спирмена, Кендалла необходимо провести дополнительный анализ.

Формулируются две гипотезы:

H0 (нулевая гипотеза): теоретический коэффициент корреляции равен 0 (другими словами, выборочный коэффициент корреляции статистически не значим, т.е. по случайным причинам отличается от нуля).

H1 (альтернативная гипотеза): теоретический коэффициент корреляции не равен 0 (другими словами, выборочный коэффициент корреляции значимо отличается от нуля).

Принятие решения проводится так:

Рассчитывается значение статистического критерия T , равное произведению выборочного коэффициента корреляции (соответственно, выборочного коэффициента корреляции Пирсона или Спирмена) на квадратный корень из объема выборки:

$$T = r_{ni} \sqrt{n}, \quad (5)$$

где r_{ni} – значение коэффициента корреляции

Пирсона i -го индекса и итогового качественного показателя рассчитывается по формуле;

n – количество элементов выборки (государств).

Если $|T| < 1,96$, то принимается нулевая гипотеза (на уровне значимости 0,05), т.е. нет оснований утверждать, что соответствующий коэффициент корреляции отличается от 0.

Если же $|T| > 1,96$, то принимается альтернативная гипотеза, т.е. коэффициент корреляции значимо отличается от 0 [19].

Расчет коэффициента корреляции Кендалла

При расчете коэффициента ранговой корреляции Кендалла [19] необходимо выполнить попарные сравнения: изменение рангов показателей при переходе от одной страны к другой. Если наблюдается одновременное увеличение или уменьшение ранга по обоим параметрам сравнения, то такую ситуацию называют совпадением (изменения рангов по двум показателям сонаправлено). Если наблюдается увеличение по одному показателю и уменьшение по другому показателю, то такую ситуацию называют инверсией (изменения рангов по двум показателям разнонаправлено).

Коэффициент корреляции Кендалла i -го индекса и итогового качественного показателя рассчитывается по формуле (τ_i):

$$\tau_i = \frac{P - Q}{\frac{1}{2} N(N - 1)}, \quad (6)$$

где N – количество элементов выборки (государств);

P – число совпадений;

Q – число инверсий.

Для оценки статистической значимости коэффициентов корреляции Кендалла необходимо провести дополнительный анализ.

Формулируются две гипотезы:

H_0 : коэффициент корреляции статистически не значим ($\tau_i = 0$).

H_1 : коэффициент корреляции статистически значим ($\tau_i \neq 0$).

По уровню значимости α определяют граничное значение:

$$\Phi^{-1}\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right),$$

где Φ – функция Лапласа (функция стандартного нормального распределения с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1).

Так же необходимо определить центрированную и нормированную статистику Кендалла [20]:

$$\frac{\tau_i - M(\tau_i)}{\sqrt{D(\tau_i)}}, \quad (7)$$

где τ_i – коэффициент корреляции Кендалла i -го индекса и итогового качественного показателя рассчитывается по формуле,

$M(\tau_i)$ – математическое ожидание распределения коэффициента корреляции Кендалла, равное 0,

$D(\tau_i)$ – дисперсия распределения коэффициента корреляции Кендалла, определяемая по формуле:

$$D(\tau_i) = \frac{2(2n + 5)}{9n(n - 1)}, \quad (8)$$

где n – количество элементов выборки (государств).

Если $\frac{\tau_i - M(\tau_i)}{\sqrt{D(\tau_i)}} \leq \Phi^{-1}\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)$, (9)

то принимаем нулевую гипотезу H_0 – коэффициент корреляции статистически не значим.

Если же

$$\frac{\tau_i - M(\tau_i)}{\sqrt{D(\tau_i)}} \geq \Phi^{-1}\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right), \quad (10)$$

то принимаем альтернативную гипотезу H_1 – коэффициент корреляции статистически значим.

При наиболее распространенном уровне значимости $\alpha = 0,05$ граничное значение равно 1,96.

На основе результатов расчета коэффициентов корреляции можно сделать выводы о том, насколько анализируемые показатели в той или иной степени связаны с результатами космической деятельности стран.

Интерпретация полученных результатов расчета коэффициентов корреляции

При оценке корреляции выделяют ее различные степени. В соответствии с силой корреляции распределены балльные оценки. Распределение баллов представлено в табл. 1.

На основе результатов корреляционного анализа необходимо рассчитать весовые коэффициенты индексов (w_i) по формуле:

$$w_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}, \quad (11)$$

где b_i – балльная оценка корреляции для каждого показателя;

n – количество показателей.

Шаг 6. Расчет интегрального показателя в соответствии с выбранным методом

В соответствии с выбранным методом расчета интегрального показателя (метод расстояний) необходимо провести расчет индекса готовности стран к космической деятельности (K_j) (расстояния до идеально готового государства) [7]:

| Степень корреляции | Прямая корреляция | Обратная корреляция | Балльная оценка |
|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| Отсутствует | 0 | 0 | 0 |
| Слабая | (0; 0,3) | (0; -0,3) | 1 |
| Умеренная | [0,3; 0,5) | [-0,3; -0,5) | 2 |
| Значительная | [0,5; 0,7) | [-0,5; -0,7) | 3 |
| Сильно выраженная | [0,7; 0,9) | [-0,7; -0,9) | 4 |
| Очень сильная | [0,9; 1) | [-0,9; -1) | 5 |
| Функциональная | 1 | -1 | 6 |

Табл. 1. Степени корреляции и их балльная оценка.
Источник: составлено авторами по результатам исследования

$$K_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (10 - \bar{x}_{ij})^2 w_i}, \quad (12)$$

где \bar{x}_{ij} – показатель i-го индекса j-го государства, приведенный к сопоставимому виду;

n – количество показателей;

w_i – весовой коэффициент i-го показателя.

Шаг 7. Ранжирование объектов в соответствии с полученной интегральной оценкой

При проведении операции ранжирования необходимо учитывать особенность интегрального показателя, рассчитанного с помощью метода расстояний. Наименьшее полученное значение индекса готовности стран к космической деятельности свидетельствует о том, что государство наиболее приближено к «идеальному» образцу. А значит, получает первое место в рейтинге.

Пример расчета индекса готовности стран к космической деятельности

В качестве примера рассчитаем индекс готовности к космической деятельности для 9 стран (Алжир, Бразилия, Индия, Иран, Китай, Россия, США, ЮАР, Япония) по 4 индексам (индекс инноваций, индекс военной силы, индекс сетевой готовности, индекс силы).

Представим исходные данные для расчета индекса готовности стран к космической деятельности в табл. 2.

Индекс инноваций, индекс конкурентоспособности и индекс силы являются прямыми показателями (максимальное значение показателя свидетельствует о лучшем положении страны). Поэтому для приведения показателей в сопоставимый вид необходимо использовать формулу (1).

Приведем расчет индекса силы для России:

| № | Страна | Индекс инноваций (1) | Индекс военной силы (2) | Индекс сетевой готовности (3) | Индекс силы (4) | Космическая программа |
|---|----------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Алжир | 16,1 | 0,3911 | 39,5 | 0,58 | 2,00 |
| 2 | Бразилия | 33,6 | 0,2151 | 57,0 | 2,40 | 3,00 |
| 3 | Индия | 38,1 | 0,1025 | 51,2 | 5,24 | 4,00 |
| 4 | Иран | 30,1 | 0,2712 | 46,1 | 0,85 | 3,00 |
| 5 | Китай | 55,3 | 0,0722 | 68,8 | 12,49 | 6,00 |
| 6 | Россия | 33,3 | 0,0714 | 59,5 | 5,25 | 6,00 |
| 7 | США | 63,5 | 0,0712 | 80,3 | 16,22 | 7,00 |
| 8 | ЮАР | 30,4 | 0,4885 | 48,9 | 0,60 | 1,00 |
| 9 | Япония | 54,6 | 0,1711 | 73,1 | 2,43 | 4,00 |

Табл. 2. Исходные данные для расчета индекса готовности стран к космической деятельности.
Источник: составлено авторами по результатам исследования

$$\bar{x}_{46} = \frac{10 \cdot 0,58}{16,22} = 3,24$$

Индекс военной силы является обратным показателем (максимальное значение показателя свидетельствует о худшем положении страны). Поэтому для приведения показателя в сопоставимый вид необходимо использовать формулу (2).

Приведем расчет индекса военной силы для России:

$$\bar{x}_{26} = \frac{\frac{10}{0,0714}}{\frac{0,0714}{10}} = 9,97$$

Представим данные для расчета в сопоставимом виде в табл. 3.

Следующий шаг – расчет весовых коэффициентов на основе результатов корреляционного анализа.

Рассчитаем коэффициент ранговой корреляции Кендалла для показателей индекса инноваций и результатов космической деятельности.

Представим расчеты в табл. 4.

При расчете рангов использовался метод средних рангов, таким образом, для Бразилии и Ирана с одинаковыми значениями баллов за космическую программу (3 балла) ранг равен $(3+4)/2=3,5$.

При ранжировании стран по критерию «Космическая программа» наблюдаются связанные ранги, т.е. некоторые страны имеют одинаковый ранг. Поэтому необходимо рассчитать коэффициент корреляции Кендалла для связанных рангов (τ_{β_i}) [22]:

$$\tau_{\beta_i} = \frac{P-Q}{\sqrt{\frac{1}{2}N(N-1) - \frac{1}{2}\sum_i t(t-1)} \sqrt{\frac{1}{2}N(N-1) - \frac{1}{2}\sum_u u(u-1)}} \quad (13)$$

где N – количество элементов выборки (государств);

P – число совпадений;

Q – число инверсий;

t – количество связанных членов первой последовательности;

u – количество связанных членов второй последовательности.

При ранжировании стран по критерию «Индекс инноваций» не наблюдается связанных рангов, поэтому $t = 0$.

При ранжировании стран по критерию «Космическая программа» наблюдается 3 пары связанных рангов, поэтому

$$\frac{1}{2}\sum_u u(u-1) = \frac{1}{2}(2 \cdot (2-1) + 2 \cdot (2-1) + 2 \cdot (2-1)) = 3$$

Рассчитаем коэффициент ранговой корреляции Кендалла для связанных рангов по формуле (13):

$$\tau_{\beta_i} = \frac{7+4+2+5+1+1+0+6+2 - (1+0+1+2+0+4+1+0+0)}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot (9-1)} - 0} \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot (9-1) - 3} = 0,55$$

Далее необходимо выполнить проверку коэффициента корреляции на статистическую значимость. Для этого определим центрированную и нормированную статистику Кендалла по формуле (7), предварительно рассчитав дисперсию распределения коэффициента корреляции Кендалла по формуле (8):

$$\frac{0,55 - 0}{\sqrt{\frac{2 \cdot (2 \cdot 9 + 5)}{9 \cdot 9 \cdot (9-1)}}} = \frac{0,55}{\sqrt{\frac{2 \cdot 23}{9 \cdot 9 \cdot 8}}} = \frac{0,55}{\sqrt{0,07}} = 2,07$$

| № | Страна | Индекс инноваций (1) | Индекс военной силы (2) | Индекс сетевой готовности (3) | Индекс силы (4) | Космическая программа |
|---|----------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Алжир | 1,61 | 1,82 | 3,95 | 0,36 | 2,00 |
| 2 | Бразилия | 3,36 | 3,31 | 5,70 | 1,48 | 3,00 |
| 3 | Индия | 3,81 | 6,95 | 5,12 | 3,23 | 4,00 |
| 4 | Иран | 3,01 | 2,63 | 4,61 | 0,52 | 3,00 |
| 5 | Китай | 5,53 | 9,86 | 6,88 | 7,70 | 6,00 |
| 6 | Россия | 3,33 | 9,97 | 5,95 | 3,24 | 6,00 |
| 7 | США | 6,35 | 10,00 | 8,03 | 10,00 | 7,00 |
| 8 | ЮАР | 3,04 | 1,46 | 4,89 | 0,37 | 1,00 |
| 9 | Япония | 5,46 | 4,16 | 7,31 | 1,50 | 4,00 |

Табл. 3. Данные для расчета индекса готовности стран к космической деятельности в сопоставимом виде. Источник: составлено авторами по результатам исследования

| № | Страна | Индекс инноваций (1) | Космическая программа | Ранг (индекс инн.) | Ранг (косм. прогр.) | P (совпадения) | Q (инверсия) |
|---|----------|----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------|
| 1 | Алжир | 1,61 | 2 | 1 | 2 | 7 | 1 |
| 2 | Бразилия | 3,36 | 3 | 5 | 3,5 | 4 | 0 |
| 3 | Индия | 3,81 | 4 | 6 | 5,5 | 2 | 1 |
| 4 | Иран | 3,01 | 3 | 2 | 3,5 | 5 | 2 |
| 5 | Китай | 5,53 | 6 | 8 | 7,5 | 1 | 0 |
| 6 | Россия | 3,33 | 6 | 4 | 7,5 | 1 | 4 |
| 7 | США | 6,35 | 7 | 9 | 9 | 0 | 1 |
| 8 | ЮАР | 3,04 | 1 | 3 | 1 | 6 | 0 |
| 9 | Япония | 5,46 | 4 | 7 | 5,5 | 2 | 0 |

Табл. 4. Расчет коэффициента ранговой корреляции Кендалла индекса инноваций и результатов космической деятельности. Источник: составлено авторами по результатам исследования

При наиболее распространенном уровне значимости граничное значение равно 1,96.

Так как $2,07 \geq 1,96$, то принимаем гипотезу H_1 – коэффициент корреляции статистически значим.

В табл. 5 представим результаты корреляционного анализа и балльную оценку каждого показателя в соответствии со степенью корреляции.

В соответствии с предоставленными баллами рассчитаем весовые коэффициенты по формуле (11):

$$w_1 = \frac{3}{3+4+3+3} = 0,23$$

Представим результаты расчетов весовых коэффициентов в табл. 6.

Следующий шаг – расчет интегрального показателя с помощью метода расстояний по формуле (12).

В качестве примера рассчитаем индекс готовности России к космической деятельности:

$$K_6 = \sqrt{(10-3,33)^2 \cdot 0,23 + (10-9,97)^2 \cdot 0,31 + (10-5,95)^2 \cdot 0,23 + (10-3,24)^2 \cdot 0,23} = 4,960$$

В табл. 7 приведем результаты расчетов индекса готовности стран к космической деятельности и проранжируем страны (наименьшее значение индекса соответствует лучшему положению страны).

Таким образом, по результатам расчета индекса готовности стран наилучшую позицию занимает США с индексом 1,992 (при идеальном индексе равном 0), наихудшую позицию занимает Алжир, отдалившийся

| Показатель | Индекс инноваций (1) | Индекс военной силы (2) | Индекс сетевой готовности (3) | Индекс силы (4) |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Коэффициент ранговой корреляции Кендалла ($\tau_{\beta i}$) | 0,55 | 0,87 | 0,58 | 0,52 |
| Центрированная и нормированная статистика Кендалла | 2,07 | 3,27 | 2,18 | 1,96 |
| Статистическая значимость | Значим | Значим | Значим | Значим |
| Степень корреляции | Значительная | Сильно выраженная | Значительная | Значительная |
| Балльная оценка | 3 | 4 | 3 | 3 |

Табл. 5. Результаты корреляционного анализа. Источник: составлено авторами по результатам исследования

| Показатель | Индекс инноваций (1) | Индекс военной силы (2) | Индекс сетевой готовности (3) | Индекс силы (4) |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Весовой коэффициент (w_i) | 0,23 | 0,31 | 0,23 | 0,23 |

Табл. 6. Результаты расчетов весовых коэффициентов.
 Источник: составлено авторами по результатам исследования

| Страна | Индекс готовности стран к космической деятельности | Ранг страны |
|----------|----------------------------------------------------|-------------|
| США | 1,992 | 1 |
| Китай | 2,843 | 2 |
| Россия | 4,960 | 3 |
| Индия | 5,271 | 4 |
| Япония | 5,796 | 5 |
| Бразилия | 6,705 | 6 |
| Иран | 7,446 | 7 |
| ЮАР | 7,814 | 8 |
| Алжир | 8,169 | 9 |

Табл. 7. Результаты расчетов индекса готовности стран к космической деятельности.
 Источник: составлено авторами по результатам исследования

от эталонного значения на 8,169. Россия в полученном рейтинге занимает третью позицию со значением 4,960.

Очевидно, что результаты расчетов примера будут отличаться от результатов, которые можно получить, если учесть в выборке все страны и все 8 показателей. Данные расчеты носят демонстративный характер, потому на их основе не следует давать какие-либо рекомендации.

Заключение

Космическая деятельность активно развивается в настоящее время и с каждым годом вносит все больший вклад в экономику стран. Благодаря развитию космической деятельности общество имеет возможность использования навигационных сервисов, интернета вещей, широкополосного доступа в интернет, данных дистанционного зондирования Земли. С их помощью решаются задачи геополитического, экономического, экологического и социального значения.

Для определения готовности стран к космической деятельности предложена методика расчета одноименного индекса. В качестве метода расчета интегрального показателя выбран метод расстояний, как наиболее

гибкий и понятный.

В качестве единичных показателей выбраны индексы, наиболее полно описывающие ситуацию каждой страны в таких аспектах как:

- уровень технологичного развития и проникновения инноваций (индекс инноваций);
- уровень цифрового развития (индекс сетевой готовности);
- уровень военного потенциала и объемов инвестиций в военный сектор (индекс военной силы);
- уровень степени контроля, общего положения государства, конфликтов (индекс слабости);
- уровень благосостояния граждан, эффективности рынков товаров, услуг и труда (индекс конкурентоспособности);
- уровень достижения государствами целей устойчивого развития (индекс устойчивого общества);
- уровень устойчивости государственной власти (индекс силы);
- уровень интеграции стран в мировое пространство в трех суммарных аспектах – экономическом, социальном и политическом (индекс глобализации).

Актуальность расчета данного индекса заключается в потребности использования базового инструмента для решения специфических задач. Например, установление пороговых значений по определенным показателям с целью отбора стран по наличию или отсутствию у них важного в каждом конкретном случае признака при организации сотрудничества.

Индекс готовности может быть использован для разработки и сопровождения стратегических решений Госкорпорации «Роскосмос» в отношении дальнейшего развития международной деятельности с учетом трендов развития потенциальных государств-партнеров.

Список литературы

1. Моисеев И.М. Космический рынок: структура и тенденции / И.М. Моисеев // Евразийский финансово-экономический вестник. – 2019. – № 6. – С. 32-36.
2. Новый исторический максимум государственных космических расходов, в основном обусловленный расходами на оборону // Euroconsult: сайт. – URL: <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/new-historic-high-for-government-space-spending-mostly-driven-by-defense-expenditures/> (дата обращения: 09.02.2024).
3. Орлов А.И. О некоторых актуальных задачах экономики и управления в ракетно-космической отрасли // Экономика космоса. 2022. № 1(1). С. 69-79.
4. Орлов А.И., Цисарский А.Д. Определение приоритетности реализации НИОКР на предприятиях ракетно-космической отрасли / Контроллинг. 2020. № 2(76). С. 58-65.
5. Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 826 с.
6. Васильева Л.В. Анализ методических подходов к построению интегральных экономических показателей // Экономические исследования и разработки. 2017. №12.
7. Ключникова Е.В., Шитова Е.М. Методические подходы к расчету интегрального показателя, методы ранжирования // Электронный научно-практический журнал «ИнноЦентр». – 2016. – №1(10). – С. 4-18.
8. Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС): сайт. – URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/ (дата обращения: 29.01.2024).
9. Габдуллин Н.М., Киршин И.А. Формирование сетевого человеческого капитала в условиях цифровой трансформации экономики // E-management. 2023. Т. 6, № 2. С. 73–81.
10. The Global Firepower: сайт. – URL: <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php> (дата обращения: 29.01.2024).
11. Атлас международных отношений: Пространственный анализ индикаторов мирового развития / И. Ю. Окунев [и др.]. – М.: Издательство «Аспект Пресс», 2020. – 447 с.
12. Отчет об устойчивой конкурентоспособности 2023 / SolAbility: SolAbility, 2023. – 90 с.
13. Доклад об устойчивом развитии 2022 / Джеффри Д. Сакс, Гийом Лафортун, Кристиан Кролл, Грейсон Фуллер. – Великобритания: Издательство Кембриджского университета, 2022. – 508 с.
14. Индекс государственной власти 2017: сайт. – URL: <http://index.ineuropa.pl/en/> (дата обращения: 29.01.2024).
15. Гуманитарный портал: сайт. – URL: <https://gtmarket.ru/ratings/kof-globalization-index> (дата обращения: 29.01.2024).
16. Обзор населения мира: сайт. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-with-space-programs> (дата обращения: 29.01.2024).
17. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
18. Орлов А.И. Устойчивые экономико-математические методы и модели. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 337 с.
19. Орлов А.И. Прикладная статистика. – М.: Экзамен, 2004. – 656 с.
20. Агаларов З.С. Эконометрика: учебник // Агаларов З.С., Орлов А.И. – Москва: Дашков и К, 2021. – 380 с.

21. Баврина А.П. Современные правила применения корреляционного анализа / А.П. Баврина, И.Б. Борисов // Медицинский альманах. – 2021. – № 3. – С. 70-79.
22. Кендэл М. Ранговые корреляции. М.: Статистика, 1975. – 216 с.

List of literature

1. Moiseev I.M. The space market: structure and trends / I.M. Moiseev // Eurasian Financial and Economic Bulletin. – 2019. – No. 6. – pp. 32-36.
2. New historic high for government space spending mostly driven by defense expenditures // Euroconsult: website. – URL: <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/new-historic-high-for-government-space-spending-mostly-driven-by-defense-expenditures/> (accessed: 09.02.2024).
3. Orlov A.I. On some urgent problems of economics and management in the rocket and space industry // Space Economics. 2022. No. 1(1). pp. 69-79.
4. Orlov A.I., Tsisarsky A.D. Determining the priority of R&D implementation at enterprises of the rocket and space industry / Controlling. 2020. No. 2(76). pp. 58-65.
5. Orlov A.I. Theory of decision-making. – М.: Ai Pi Ar Media, 2022. – 826 p.
6. Vasilyeva L.V. Analysis of methodological approaches to the construction of integrated economic indicators / Economic research and development. 2017. No.12.
7. Klyushnikova E.V., Shitova E.M. Methodological approaches to the calculation of the integral indicator, ranking methods // Electronic scientific and practical journal «Innocenter». – 2016. – №1(10). – pp. 4-18.
8. The World Intellectual Property Organization (WIPO): website. – URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/ (accessed: 29.01.2024).
9. Gabdullin N.M., Kirshin I.A. Formation of network human capital in the context of digital transformation of the economy // E-management. 2023. Vol. 6, No. 2. pp. 73-81.
10. The Global Firepower: website. – URL: <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php> (accessed: 29.01.2024).
11. Atlas of International Relations: Spatial analysis of world development indicators / I. Y. Okunev [et al.]. Moscow: Publishing house «Aspect Press», 2020. – 447 p.
12. The Sustainable Competitiveness Report 2023 / SolAbility: SolAbility, 2023. – 90 p.
13. Sustainable Development Report 2022 / D. Sachs Jeffrey, Guillaume Lafortune, Christian Kroll, Grayson Fuller. – United Kingdom: Cambridge University Press, 2022. – 508 p.
14. State Power Index 2017: website. – URL: <http://index.ineuropa.pl/en/> (accessed: 29.01.2024).
15. Humanitarian portal: website. – URL: <https://gtmarket.ru/ratings/kof-globalization-index> (accessed: 29.01.2024).
16. World Population Review: website. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-with-space-programs> (accessed: 29.01.2024).
17. Orlov A.I. Sustainability in socio-economic models. – М.: Nauka, 1979. – 296 p.
18. Orlov A.I. Sustainable economic and mathematical methods and models. – М.: Ai Pi Ar Media, 2022. – 337 p.
19. Orlov A.I. Applied statistics. – М.: Exam, 2004. – 656 p.
20. Agalarov Z.S. Econometrics: textbook / Agalarov Z.S., Orlov A.I. – Moscow: Dashkov and K, 2021. – 380 p.
21. Bavrina A.P. Modern rules for the application of correlation analysis / A.P. Bavrina, I.B. Borisov // Medical Almanac. – 2021. – No. 3. – pp. 70-79.
22. Kendal M. Rank correlations. М.: Statistics, 1975. – 216 p.

Рукопись получена: 12.02.2024

Рукопись одобрена: 27.03.2024