

---

**ПЕДАГОГИКА ҒЫЛЫМЫНЫҢ ТАРИХЫ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ  
БІЛІМ БЕРУ МЕН ҰЛТТЫҚ ТӘРБИЕНІҢ ӘДІСНАМАЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ  
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАУКИ,  
ОБРАЗОВАНИЯ И НАЦИОНАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ**

---

МРНТИ 14.35.00

<https://doi.org/10.51889/2959-5762.2024.84.4.001>

Глебалдинова А.С.,<sup>1\*</sup>  Смаилова С.С.,<sup>1</sup>  Кумаргажанова С.К.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> *Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

**РОЛЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ:  
ОБЗОР ФАКТОРОВ И ПОДХОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Аннотация*

На фоне постоянно растущей роли образования в формировании экономических структурных изменений, особенно инженерного образования, данное исследование направлено на изучение влияния высшего образования на экономический рост. Метод анализа включает обзор научных публикаций последних лет, фокусируясь на влиянии образования на экономический рост и моделировании связи между образованием и структурными изменениями в экономике. В анализе рассматриваются факторы, учитываемые в контексте исследования корреляционных связей между образованием, наукой и структурными сдвигами в экономике. В работе также обсуждаются различные методы моделирования взаимосвязи между образованием и экономическим ростом, включая перспективные подходы на основе методов машинного обучения. В результате представленного комплексного обзора текущего состояния исследований в данной области, выявлены направления для будущих исследований.

**Ключевые слова:** высшее образование, экономический рост, моделирование, факторы, структурные сдвиги в экономике.

*А.С.Глебалдинова, <sup>1\*</sup>  С.С.Смаилова, <sup>1</sup>  С.К.Кумаргажанова <sup>1</sup>   
<sup>1</sup> Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
Өскемен қ., Қазақстан*

**ЭКОНОМИКАЛЫҚ ДАМУДАҒЫ ЖОҒАРЫ БІЛІМНІҢ РӨЛІ:  
ФАКТОРЛАР МЕН ҮЛГІЛЕУ ТӘСІЛДЕРІНЕ ШОЛУ**

*Аңдатпа*

Экономикалық құрылымдық өзгерістерді, әсіресе инженерлік білім беруді қалыптастырудағы білімнің тоқтаусыз өсіп келе жатқан рөлі аясында бұл зерттеу жоғары білімнің экономикалық дамуға деген әсерін зерттеуге бағытталған. Талдау әдісі білім берудің экономикалық өсуге әсерін, сонымен қатар, білім мен экономикалық құрылымдық өзгерістер арасындағы байланыстарды модельдеуге арналған соңғы жылдардағы ғылыми басылымдарға жасалған шолуды қамтиды. Ұснынылған талдау білім, ғылым және экономикалық құрылымдық өзгерістер арасындағы корреляцияны зерттеу контекстінде ескерілетін факторларды зерттейді. Сондай-ақ, мақалада білім беру мен экономикалық өсу арасындағы байланыстарды модельдеудің әртүрлі әдістері, соның ішінде машиналық оқыту әдістеріне негізделген перспективалық тәсілдер қарастырылады. Осы саладағы зерттеулердің ағымдағы жай-күйіне қатысты жасалған кешенді шолу нәтижесінде алдағы уақытта жүргізілетін зерттеулердің бағыттары айқындалды.

**Түйін сөздер:** жоғары білім, экономикалық өсу, үлгілеу, факторлар, экономикадағы құрылымдық өзгерістер.

Tlebaldinova A.,<sup>1\*</sup>  Smailova S.,<sup>1</sup>  Kumargazhanova S.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> D.Serikbayev East Kazakhstan Technical University,  
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

## THE ROLE OF HIGHER EDUCATION IN ECONOMIC DEVELOPMENT: A REVIEW OF FACTORS AND MODELLING APPROACHES

### Abstract

Against the background of the ever-increasing role of education in shaping economic structural change, especially engineering education, this study aims to investigate the impact of higher education on economic growth. The method of analysis includes a review of recent academic publications, focusing on the impact of education on economic growth and modelling the relationship between education and structural change in the economy. The analysis examines the factors considered in the context of research on the correlations between education, science and structural shifts in the economy. The paper also discusses various methods for modelling the relationship between education and economic growth, including promising approaches based on machine learning techniques. As a result of the presented comprehensive review of the current state of research in this area, directions for future research are identified.

**Key words:** higher education, economic growth, modelling, factors, structural shifts in the economy

**Введение.** В последние десятилетия роль образования в формировании структурных сдвигов в экономике становится все более явной и значимой. Особое внимание уделяется инженерному образованию, которое является ключевым элементом в развитии технологических инноваций и структурных изменений в экономике. Понимание взаимосвязи между системой ВО и структурными сдвигами в экономике становится необходимым для определения стратегий, способствующих переходу к новым технологическим укладам. В связи с этим разные страны предлагают различные концепции, позволяющие учебным заведениям лучше реагировать на возникающие потребности экономики.

Настоящее исследование направлено на анализ влияния ВО на экономический рост на основе изучения научных публикаций последних лет. В обзоре литературы будут рассмотрены два ключевых аспекта: влияние ВО на экономику и моделирование взаимосвязи с ее структурными сдвигами.

*Основные положения.* Данная статья исследует влияние высшего образования (ВО), особенно инженерного, на экономический рост и структурные изменения в экономике. Для анализа используется обзор последних научных публикаций, моделирование взаимосвязи между образованием и экономическими изменениями, а также учет факторов корреляции между образованием, наукой и структурными сдвигами. Особое внимание уделяется различным методам моделирования, включая перспективные подходы на основе машинного обучения. В результате комплексного обзора выявлены текущие тенденции и направления для будущих исследований в данной области.

В работе [1] предложена концепция ТИЕЕ (The Technology Innovation and Engineering Education), разработанная с учетом контекстуальных потребностей Совета сотрудничества стран Персидского залива (GCC) и Катара и Национального видения перехода к экономике, основанной на Knowledge Based Economy (КВЕ). Технологические инновации и инженерное образование (ТИЕЕ) – это предлагаемая концептуальная модель подразделения/центра/отдела внутри инженерного колледжа. Основная цель такой структуры – дать возможность инженерным колледжам лучше реагировать на возникающие потребности стран Персидского залива. Другое направление предлагаемой организации направлено на внедрение новейших практик в области инженерного образования и содействие проведению исследований в области инженерного образования среди инженерных факультетов (рисунок 1). Последняя деятельность делает упор на постоянные инновации в предоставлении и содержании инженерного образования, а также на использовании научных методов для решения образовательных проблем, стоящих перед системой инженерного образования в странах

Персидского залива и регионе. Предлагаемая организация TIEE в этой статье повышает роль инженерных школ в устойчивом развитии человеческих талантов в области инженерии и технологий посредством содействия инновациям в инженерном образовании, а также устойчивого социально-экономического развития посредством содействия технологическим инновациям и предпринимательству.

Авторы работы [2], анализируя историческую и современную модели инженерного образования в Германии, исследуют, насколько современная модель соответствует современным требованиям и спросу на инженерные кадры. В рамках исследования описаны инновационные инициативы, предложенные инженерным сообществом и федеральным правительством Германии. Кроме того, приводятся начальные результаты влияния этих инициатив не только на инженерное образование, но и на развитие социальных навыков инженеров.

Еще одно направление исследований, касающихся влияния образования на экономический рост, связывает качество инженерной подготовки кадров с направлениями STEM (наука, технологии, инженерия и математика) [3]. Эти исследования подчеркивают важность интеграции STEM-образования в традиционные образовательные программы для подготовки высококвалифицированных специалистов. Так результаты одного из полноценных исследований указывают на значительное положительное влияние образования STEM на производительность по всем спецификациям и требуют политики, направленной на улучшение и продвижение программ STEM на уровне ВО.

Некоторые исследования рассматривают актуальные экономические проблемы, которые могут быть решены с помощью инженерного образования. Авторы подчеркивают, что инженеры играют важную роль в решении сложных технических и производственных задач, а также в создании инноваций, которые способствуют развитию экономики. Так, в работе [4] обсуждается важность установления международных правовых принципов для прогнозирования и реагирования на международную экологическую политику в свете будущего ограничения доступности определенных видов минералов. Что касается эффективности и сложности добычи минералов в рамках соблюдения принципов ESG (экологическая и социальная ответственность, честное управление), исследователи подчеркивают, что они во многом зависят от профессионализма компании. Кроме того, в данном исследовании авторы предложили систему, основанную на «Международных стандартах для инженеров по добыче ресурсов (ISREE)», предназначенную для классификации профессиональных компетенций инженера по добыче ресурсов [4].

Система включает базовые требования к дополнительным знаниям в областях этики, безопасности, охраны окружающей среды и сохранения финансовой жизнеспособности. Предложенная методология и цифровые показатели для оценки деятельности публичных добывающих компаний, с учетом принципов ESG и целей устойчивого развития (SDG), помогут увеличить прозрачность и доверие к их деятельности со стороны местного населения.

Тем самым, необходимо отметить, что многие развитые страны, подтверждают ключевую роль инженерного образования и инноваций в устойчивом развитии экономики и решении сложных технических задач.

**Материалы и методы.** Влияние ВО на структурные сдвиги в экономике. Устойчивый экономический рост неразрывно связан с процессами структурного сдвига в экономике. Структурный сдвиг признается важным фактором в обеспечении устойчивого экономического роста. Измерение структурного сдвига в экономике осуществляется преимущественно по темпам роста и увеличению экономических показателей в рамках отраслей и секторов [5]. Переход от традиционных отраслей к секторам с высоким уровнем инноваций и знаний может способствовать повышению эффективности и конкурентоспособности

экономики, что в конечном итоге приводит к устойчивому росту. Соответственно, научный аспект является главным показателем структурного сдвига [5].

Исследование данного вопроса проведено на основе анализа публикаций за последние несколько лет, авторами которых являются как зарубежные, так и российские и казахстанские исследователи. Всех этих авторов объединяет тот факт, что они проводили анализ взаимосвязи между показателями образования, науки и показателями экономического развития (Рисунок 1). Экономические показатели на Рисунке 1 выделены с помощью графического элемента.

Известно, что структурные сдвиги в экономике и экономическое развитие взаимосвязаны в контексте процесса модернизации и трансформации экономики. Структурные сдвиги, такие как изменение отраслевой структуры или распределения занятости, могут быть ключевым элементом экономического развития, обеспечивая адаптацию к новым условиям, повышение эффективности производства и развитие новых отраслей. В свою очередь, успешное экономическое развитие может стимулировать и усиливать структурные сдвиги, поскольку повышение производства и доходов может способствовать изменению приоритетов в экономике и модернизации производственных процессов. Таким образом, в данном исследовании эти два понятия рассматриваются как тесно взаимосвязанные и взаимодействующие в рамках общего процесса экономического развития.

Анализ влияния образовательных факторов на экономические показатели показал [6-11], что ВО играет существенную роль в стимулировании экономического роста. Знания и навыки, полученные через ВО, не только способствуют инновациям, но и повышают производительность труда, что в свою очередь стимулирует увеличение объема производства, развитие научных исследований и рост валового внутреннего продукта (ВВП).

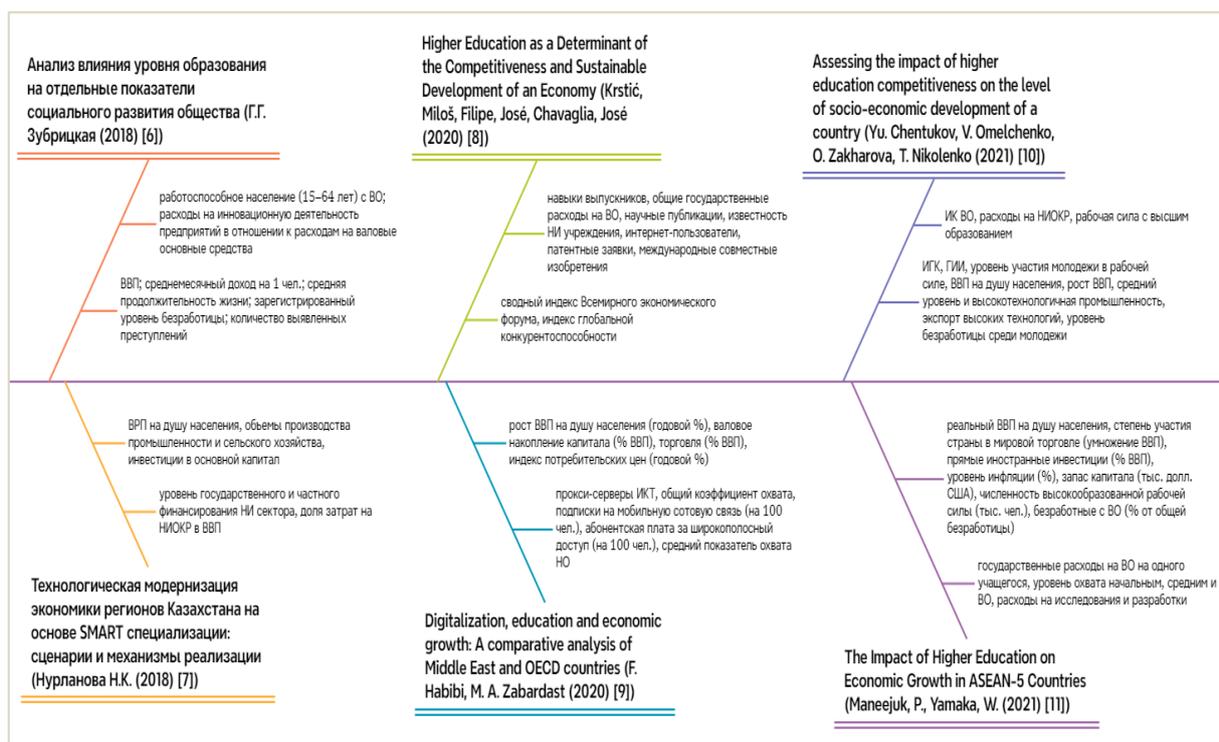


Рис.2 Обзор факторов, рассматриваемых в контексте исследования корреляционных связей между образованием, наукой и структурными сдвигами в экономике

Примечание: ИГК – индекс глобальной конкурентоспособности, ГИИ – глобальный инновационный индекс, ИК ВО – индекс конкурентоспособности высшего образования, ВРП – валовой региональный продукт, НИ – научно-исследовательский, ВНК – валовое накопление капитала, НО – начальное образование

Таким образом, ВО играет ключевую роль в формировании человеческого капитала и способствует экономическому прогрессу.

*Моделирование связи между образованием и экономическим ростом.* Исследование взаимосвязи между образованием и экономическим ростом является одной из ключевых задач, стоящих перед современными исследователями. Эта проблема не только помогает понять, как образование влияет на экономику, но и выявить стратегии развития, способствующие устойчивому экономическому прогрессу. Однако подходы к моделированию этой взаимосвязи могут быть разнообразными.

В ряде работ, например в [8-11], методология исследования основана на эконометрических методах. С применением методов корреляционного и регрессионного анализа исследователи определили взаимосвязь между следующими показателями: уровень ВО, конкурентоспособность экономики и устойчивое развитие [8]. Результаты анализа продемонстрировали значительную положительную корреляцию между вышеупомянутыми показателями образования и экономики. Результаты исследования выявили сильную положительную корреляцию между уровнем ВО и указанными экономическими показателями. Эти выводы представляют собой важный ориентир для разработки будущих стратегий в сфере ВО. В статье [10] подчеркивается, что образовательные показатели являются важной составляющей социально-экономического развития стран мира. Также в исследование включены результаты анализа влияния показателей развития национальных систем ВО на макроэкономические, инновационные и технологические показатели экономического роста. Информационную базу исследования составляют данные 50 стран международного рейтинга Universitas 21.

В исследовании, описанном в [12], предложен комплексный метод анализа влияния инноваций в сфере ВО на экономический рост. Для оценки этого влияния была использована производственная функция типа Кобба-Дугласа и динамический метод наименьших квадратов. Для проверки эффективности предложенного подхода были проанализированы данные Всемирного банка за период с 1996 по 2014 год. Этот подход был применен к выборке из 42 стран, включая такие параметры, как ВВП на душу населения, расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), количество патентных заявок и затраты на ВО. Модель, используемая для анализа, представлена в формулах (1) и (2):

$$\ln GDP_t = \alpha_1 + \alpha_2 RD_t + \alpha_3 PAT_t + \alpha_4 EDU_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

$$\ln GDP_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln RD_{it} + \alpha_3 \ln PAT_{it} + \alpha_4 \ln EDU_{it} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где  $i = \overline{1, N}$  - индекс страны,  $t = \overline{1, T}$  - период времени,  $\ln GDP$  - реальный выпуск,  $\ln RD$  - показатель затрат на исследования и разработки,  $\ln PAT$  - количество патентных заявок,  $\ln EDU$  - стоимость ВО и  $\varepsilon$  - погрешность. Исследователи пришли к выводу, что в долгосрочной перспективе образовательные аспекты способствуют положительному экономическому росту.

Еще одним подходом, который позволяет выявить связи и зависимости между различными переменными с помощью исследования их взаимосвязи внутри выборки данных, является оболочечный анализ данных [13]. Авторами была проведена оценка эффективности инновационных систем отдельных регионов России на основе данного метода. В качестве критериев оценки использовались заданные значения человеческого капитала и затраты на НИОКР. В результате проведенной оценки была разработана новая методика, которая позволила выявить регионы-лидеры с высоким инновационным потенциалом, значительными городскими агломерациями и промышленными центрами, специализирующимися на машиностроительной отрасли.

Оболочечный анализ (DEA, Data Envelopment Analysis) [14] – это метод сравнительного анализа, который применяется для оценки эффективности работы сложных технических и

социально-экономических систем [15]. Он основан на непараметрическом подходе и использует линейное программирование [16]. В рамках данного метода регион считается более эффективным, если он обеспечивает такой же или более высокий уровень выпуска продукции, чем другой регион, при этом используя не больше ресурсов [15].

Применение метода DEA авторами продемонстрировано на примере, представленном на Рисунке 2. Этот рисунок обозначен как график границы производственных возможностей (CRS), который показывает максимальный выпуск при заданных ресурсах. В качестве входных затрат используются  $X_1$  (численность исследователей) и  $X_2$  (затраты на НИОКР), а индикатором выпуска является  $Y_1$  (число патентов на изобретения). Наиболее эффективными считаются регионы, расположенные на границе производственных возможностей (CRS); в данном примере это регионы 2 и 5, для которых оценка эффективности составляет 1. Эффективность других регионов оценивалась путем проведения дополнительных линий, в результате чего их показатели эффективности варьируются от 0 до 1.

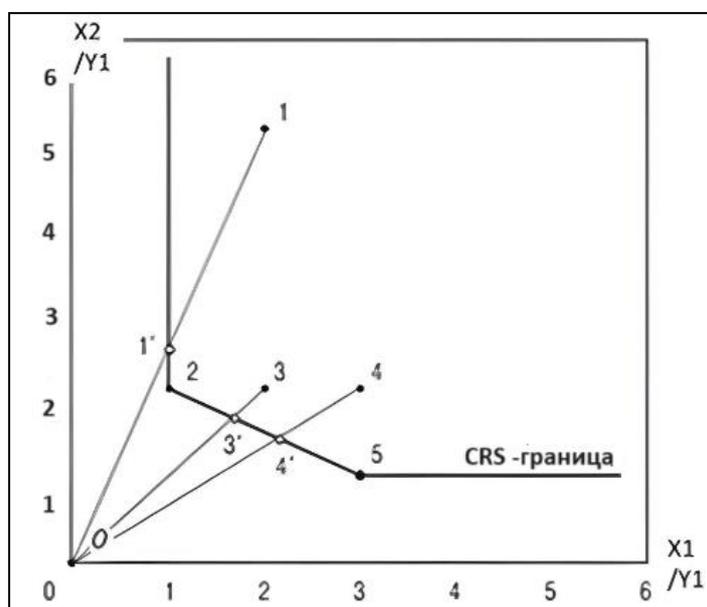


Рис.2 Граница производственной эффективности [16]

Особенность применения метода DEA заключается в его способности оценивать относительную эффективность объектов, работающих в одинаковых условиях, без необходимости задавать конкретные функциональные зависимости между входами (ресурсами) и выходами (результатами). DEA особенно полезен в ситуациях, когда требуется оценить эффективность сложных систем с множеством входных и выходных показателей. Метод позволяет выявить объекты, работающие на границе эффективности, и определить, какие объекты используют ресурсы менее эффективно, показывая пути для улучшения их производительности.

Следует отметить, что метод DEA может быть эффективно применен для сравнительного анализа равнозначных структурных подразделений вуза, таких как факультеты, департаменты или образовательные программы. С его помощью можно оценить, насколько эффективно каждое подразделение использует свои ресурсы (кадровый состав, финансирование, инфраструктуру) для достижения образовательных и научных результатов (выпуск студентов, публикации, гранты, патенты и др.). DEA позволяет выявить подразделения, находящиеся на границе эффективности, и те, которые отстают, определяя потенциальные резервы для повышения их эффективности. Такой подход дает вузу возможность оптимизировать

распределение ресурсов и улучшить общую эффективность образовательных и научных процессов.

Новым и перспективным подходом к моделированию связи между образованием и экономическим ростом является комбинированный подход, который использует эконометрические методы и методы машинного обучения. Применение данного подхода иллюстрируется в [17]. В данном исследовании рассматривается влияние характеристик систем ВО на региональное экономическое развитие стран Европы. Для анализа используются данные 29 европейских стран за период с 2014 по 2016 год. В результате исследования авторы выявили наиболее важные образовательные факторы, влияющие на развитие региональной экономики: размер университета, интернационализация студентов и продуктивность исследований. Наконец, данное исследование предоставляет полезную информацию для политиков, предлагая новые инструменты для стимулирования экономического развития их регионов. Предложенный авторами комбинированный подход представляет собой интересное решение для моделирования сложных контекстов с множеством сильно коррелирующих факторов.

**Результаты и обсуждение.** Исходя из представленного выше, моделирование взаимосвязей сложных структур, таких как ВО и экономический рост, подтверждает необходимость учета множества коррелирующих факторов. Поэтому, для анализа подобных сложных взаимосвязей, в некоторых случаях учета их нелинейности, а также возможного взаимодействия с другими контекстуальными факторами [18], необходимы более мощные инструменты, нежели традиционные методы анализа. В последних исследованиях отмечается [19-20], что использование методов машинного обучения играет ключевую роль в анализе подобных взаимосвязей, помогая выявить скрытые закономерности и факторы, влияющие на динамику экономического развития. Кроме того, стоит отметить, что данное направление является достаточно перспективной областью исследований.

Проведенный обзор позволяет выделить несколько направлений для дальнейших исследований. Важно углубить изучение разработки новых методов анализа взаимосвязи между образованием и экономическим ростом, включая применение методов машинного обучения. Изучение эффективности образовательных практик также окажется полезным для определения наиболее эффективных стратегий. Это позволит лучше понять, как образование влияет на экономическое развитие, и определить, какие политики в этой сфере следует внедрять.

**Заключение.** В заключении данной статьи подчеркивается растущее признание роли образования в формировании экономических структурных изменений, особенно в контексте инженерного образования. Понимание взаимосвязи между образованием и структурными сдвигами в экономике является ключевым для разработки стратегий, способствующих переходу к новым технологическим укладам. Цель данного исследования направлена на анализ влияния ВО на экономический рост на основе изучения научных публикаций последних лет. Обсуждаются два ключевых аспекта: влияние ВО на экономику и моделирование взаимосвязи с ее структурными изменениями. Далее рассматриваются факторы, связанные с образованием, наукой и структурными сдвигами в экономике. Обсуждаются различные методы моделирования взаимосвязи между образованием и экономическим ростом, включая эконометрические подходы, оболочечный анализ и комбинированный подход. В качестве наиболее перспективного подхода рассматривается использование методов машинного обучения. В целом, данное исследование вносит вклад в понимание важности образования для экономического развития и предлагает перспективные методы его анализа и моделирования.

*Благодарность.* Настоящая работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Комитета науки и высшего образования РК по теме BR21882257 «Создание национальной модели инженерного образования в контексте реализации целей устойчивого развития» по договору № 392-ПЦФ-23-25 от 15.11.2023 г.

Список использованной литературы:

1. Abdulwahed M. *Technology Innovation and Engineering' Education and Entrepreneurship (TIEE) in Engineering Schools: Novel Model for Elevating National Knowledge Based Economy and Socio-Economic Sustainable Development. Sustainability.* 9(2)2017. PP.171. <https://doi.org/10.3390/su9020171>
2. Morace Ch., May D., Terkowsky C. & Reynet O. *Effects of globalisation on higher engineering education in Germany – current and future demands, European Journal of Engineering Education,* 2017, 42:2, 142-155, <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1293618>
3. Mallory C. *The Effects of STEM Education on Economic Growth. Honors Theses.* 1705.
4. Litvinenko V., Bowbrick I., Naumov I., Zaitseva Z. *Global guidelines and requirements for professional competencies of natural resource extraction engineers: Implications for ESG principles and sustainable development goals. Journal of Cleaner Production,* Vol. 338, 2022. PP. 130530, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130530>
5. Rakhimova S.A. *Structural shifts in economy through formation and development of high-tech types of production based on the innovation process. Tomsk State University Journal of Economics,* no. 3 (35),2016. pp. 41-52.
6. Зубрицкая Г. *Анализ влияния уровня образования на отдельные показатели социального развития общества. Сборник научных трудов Харьковского национального университета воздушных сил.* 2018г., С.113-118. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.58.16>.
7. Нурланова Н.К. *Технологическая модернизация экономики регионов Казахстана на основе SMART специализации: сценарии и механизмы реализации, Россия: тенденции и перспективы развития,* 2018 г., С.1024-1028
8. Krstić, Miloš & Filipe, José & Chavaglia, José. *Higher Education as a Determinant of the Competitiveness and Sustainable Development of an Economy. Sustainability.* №12, 2020 <https://doi.org/6607.10.3390/su12166607>
9. Habibi F., Zabardast M.A. *Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. Technology in Society,* vol. 63, 2020. Iss. C. PP.1-9. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101370>
10. Chentukov Yu., Omelchenko V., Zakharova O. and Nikolenko T. *Assessing the impact of higher education competitiveness on the level of socio-economic development of a country. Problems and Perspectives in Management,* 19(2),2021, 370-383. [https://doi.org/10.21511/ppm.19\(2\).2021.30](https://doi.org/10.21511/ppm.19(2).2021.30)
11. Maneejuk P., Yamaka W. *The Impact of Higher Education on Economic Growth in ASEAN-5 Countries. Sustainability,* №13,2021. 520. <https://doi.org/10.3390/su13020520>
12. Bouhajib M., Mefteh H., Ben Ammar R. *Higher education and economic growth: the importance of innovation // Atlantic rev. of economics (ARoEc). Vol.1, N2,2018. – Mode of access: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6525858>*
13. Земцов С.П., Бабурин В.Л. *Как оценить эффективность региональных инновационных систем в России? Инновационная деятельность в регионах №2 (220),2017. С.60-66*
14. Глусин Ф.Ф., Калужный В.В. *Оценка эффективности научной и инновационной деятельности в зарубежных странах и в России//Инновации. №6. 2015. С. 32-36*
15. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. *Measuring the efficiency of decision-making units // European Journal of Operation Research. V.2. No6.,1978. P. 429-444*
16. Banker R., Charnes A., Cooper W. *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis//Management Science. V. 30. No 9. 1984. P. 1078-1092*
17. Bertolletti A., Berbegal-Mirabent J., Agasisti T. *Higher education systems and regional economic development in Europe: A combined approach using econometric and machine learning methods, Socio-Economic Planning Sciences, Vol.,2022 Part A, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101231>.*
18. Agasisti T., & Bertolletti A. *Higher education and economic growth: A longitudinal study of European regions 2000–2017. Socio-Economic Planning Sciences, 100940. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100940>.*
19. Mullainathan S., & Spiess J. *Machine learning: An applied econometric approach. Journal of Economic Perspectives,* 31(2),2017. P.87-106.
20. Kamdjou, Herve D. Tegum. *Estimating the Returns to Education Using a Machine Learning Approach – Evidence for Different Regions, Open Education Studies,* vol. 5, no. 1,2023. pp. 20220201. <https://doi.org/10.1515/edu-2022-0201>

References:

1. Abdulwahed M. *Technology Innovation and Engineering' Education and Entrepreneurship (TIEE) in Engineering Schools: Novel Model for Elevating National Knowledge Based Economy and Socio-Economic Sustainable Development. Sustainability.* 9(2)2017.:171. <https://doi.org/10.3390/su9020171>
2. Morace Ch., May D., Terkowsky C. & Reynet O. *Effects of globalisation on higher engineering education in Germany – current and future demands, European Journal of Engineering Education,* 2017. 42:2, 142-155, <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1293618>
3. Mallory C. *The Effects of STEM Education on Economic Growth. Honors Theses.* 1705.
4. Litvinenko V., Bowbrick I., Naumov I., Zaitseva Z. *Global guidelines and requirements for professional competencies of natural resource extraction engineers: Implications for ESG principles and sustainable development goals. Journal of Cleaner Production,* Vol. 338,2022. PP. 130530, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130530>
5. Rakhimova S.A. *Structural shifts in economy through formation and development of high-tech types of production based on the innovation process. Tomsk State University Journal of Economics,* no. 3 (35),2016. pp. 41-52.
6. Zubritskaya G. *Analiz vliyaniya urovnya obrazovaniya na otdel'nyye pokazateli sotsial'nogo razvitiya obshchestva. Sbornik nauchnykh trudov Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta vozduzhnykh sil.* 2018. S.113-118. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.58.16>.
7. Nurlanova N.K. *Tekhnologicheskaya modernizatsiya ekonomiki regionov Kazakhstana na osnove SMART spetsializatsii: stsennarii i mekhanizmy realizatsii, Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya,* 2018. S.1024-1028
8. Krstić, Miloš & Filipe, José & Chavaglia, José. (2020). *Higher Education as a Determinant of the Competitiveness and Sustainable Development of an Economy. Sustainability.* 12. <https://doi.org/6607.10.3390/su12166607>.
9. Habibi F., Zabardast M.A. *Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. Technology in Society,* vol.63, 2020. Iss. C. PP.1-9. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101370>
10. Chentukov Yu., Omelchenko V., Zakharova O. and Nikolenko T. *Assessing the impact of higher education competitiveness on the level of socio-economic development of a country. Problems and Perspectives in Management,* 19(2),2021. 370-383. [https://doi.org/10.21511/ppm.19\(2\).2021.30](https://doi.org/10.21511/ppm.19(2).2021.30)
11. Maneejuk, P.; Yamaka, W. *The Impact of Higher Education on Economic Growth in ASEAN-5 Countries. Sustainability,* 13,2021. 520. <https://doi.org/10.3390/su13020520>
12. Bouhajib M., Mefteh H., Ben Ammar R. *Higher education and economic growth: the importance of innovation // Atlantic rev. of economics (ARoEc). Vol.1, N2.2018. – Mode of access: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6525858*
13. Zemtsov S.P., Baburin V.L. *Kak otsenit' effektivnost' regional'nykh innovatsionnykh sistem v Rossii? Innovatsionnaya deyatel'nost' v regionakh, №2 (220),2017. S.60-66*
14. Glisin F.F., Kalyuzhnyy V.V. *Otsenka effektivnosti nauchnoy i innovatsionnoy deyatel'nosti v zarubezhnykh stranakh i v Rossii//Innovatsii. No 6. 2015. S. 32-36*
15. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. *Measuring the efficiency of decision-making units // European Journal of Operation Research. V. 2. No 6. 1978. P. 429-444*
16. Banker R., Charnes A., Cooper W. *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis// Management Science. V.30. No9. 1984. P. 1078-1092*
17. Bertolletti A., Berbegal-Mirabent J., Agasisti T. *Higher education systems and regional economic development in Europe: A combined approach using econometric and machine learning methods, Socio-Economic Planning Sciences, Vol.1, 2022. Part A, https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101231.*
18. Agasisti T., & Bertolletti A. *Higher education and economic growth: A longitudinal study of European regions 2000–2017. Socio-Economic Planning Sciences, 100940. https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100940.*
19. Mullainathan S., & Spiess J. *Machine learning: An applied econometric approach. Journal of Economic Perspectives,* 31(2), 2017. pp.87-106.
20. Kamdjou, Herve D. *Teguim. Estimating the Returns to Education Using a Machine Learning Approach – Evidence for Different Regions, Open Education Studies, vol.5, no.1,2023. pp. 20220201. https://doi.org/10.1515/edu-2022-0201*