

С 27 по 29 ноября 2023 года в городе Астана в Назарбаев Университете в рамках проекта ПЦФ BR 28713197 «Центр устойчивых инноваций Каспийского региона: научно-академическое продвижение альтернативных решений для перехода региона к экологическому будущему» была осуществлена служебная командировка. В ней приняли участие руководитель проекта Шармуханбет Салтанат Руслановна и руководитель проекта Турмуханова Гульнур Боранбайкызы.

Робототехника и мехатроника являются одними из наиболее развитых областей современной науки и технологий. Они обладают широкими возможностями в направлении автоматизации производственных процессов, повышения эффективности производственных систем, а также внедрения инновационных решений в различных сферах общества. Сегодня робототехника широко применяется не только в промышленном производстве и научных исследованиях, но и в образовании, медицинском обслуживании, логистике, сельском хозяйстве и экологии. Роль и значение данной отрасли в мировой экономике постоянно растут, поскольку роботизированные и мехатронные системы способствуют автоматизации производственных процессов, повышению производительности, обеспечению безопасности и решению экологических проблем.

Вопрос экологической эффективности робототехнических и мехатронных систем на сегодняшний день приобретает особую актуальность. Снижение негативного воздействия на окружающую среду и эффективное использование ресурсов являются одними из ключевых задач XXI века. Для Казахстана и Каспийского региона экологическая проблема имеет особое значение, поскольку экологическое состояние и рациональное использование энергетических ресурсов в этих регионах напрямую влияют на будущее человечества. Поэтому развитие экологически эффективных робототехнических и мехатронных систем играет важную роль в обеспечении экологической устойчивости региона.

Исследование, проведённое в рамках проекта ПЦФ BR 28713197 «Центр устойчивых инноваций Каспийского региона: научно-академическое продвижение альтернативных решений для перехода региона к экологическому будущему», направлено на решение данной проблемы. Оно ориентировано на разработку новых инновационных решений и технологий для повышения экологической эффективности робототехники, снижения энергопотребления и уменьшения вредных выбросов. Основная цель исследования заключается в совершенствовании робототехнических и мехатронных систем для повышения энергоэффективности и улучшения экологических параметров. Кроме того, в ходе исследования рассматриваются вопросы внедрения экологически эффективных робототехнических и мехатронных систем в производство, автоматизации производственных процессов и реализации принципов устойчивого развития.

Важность данного проекта заключается в том, что он направлен не только на автоматизацию промышленного производства, но и на развитие экологически чистых производственных систем, экономию природных ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Особенно для Казахстана и Каспийского региона данное исследование имеет большое значение, поскольку инновационные решения и технологии, соответствующие экологическим требованиям, необходимы для обеспечения устойчивого развития этих регионов.

В ходе исследования применяются такие методы и подходы, как адаптивные и предиктивные алгоритмы, интеллектуальные системы, методы расчёта энергоэффективности и моделирования, направленные на повышение экологической эффективности робототехники. Данная работа открывает новые возможности для улучшения экологических характеристик робототехнических систем, автоматизации производственных процессов и рационального использования ресурсов.

### **1. Цель служебной командировки**

Основной целью служебной командировки являлось ознакомление с научно-исследовательской деятельностью исследовательских центров и инженерных факультетов

Назарбаев Университета в направлении развития робототехники и мехатроники, а также обсуждение новых инновационных решений и технологий, ориентированных на повышение экологической эффективности. Данные мероприятия были направлены на получение рекомендаций по вопросам экологических проблем и энергосбережения, а также на рассмотрение возможностей дальнейшего сотрудничества с университетом.

Особое внимание уделялось алгоритмам и методам, применяемым в разработке робототехнических и мехатронных систем. В первую очередь, адаптивные алгоритмы позволяют системам автоматически подстраиваться под изменения окружающей среды или производственных условий. Это способствует повышению эффективности работы роботов и снижению энергопотребления. Кроме того, предиктивные алгоритмы дают возможность прогнозировать будущие состояния системы и заранее вносить корректировки в работу роботов, что особенно важно для энергосбережения.

Интеллектуальные системы управления и алгоритмы диагностики позволяют осуществлять мониторинг работы роботов и своевременно выявлять ошибки и неисправности. С их помощью обеспечивается постоянный контроль экологической эффективности и производительности робототехнических систем, а также предотвращаются сбои, что позволяет поддерживать непрерывную работу оборудования.

Эффективность алгоритмов напрямую способствует повышению экологической устойчивости, поскольку они направлены на рациональное использование природных ресурсов, снижение энергозатрат и уменьшение количества отходов. Эти аспекты создают основу для планирования дальнейших научных и академических исследований, а также обсуждения перспектив сотрудничества.

В процессе определения возможностей национального и международного сотрудничества особую роль играет опыт научного сообщества и университетов в разработке новых технологий и их активная деятельность в создании экологически эффективных решений.

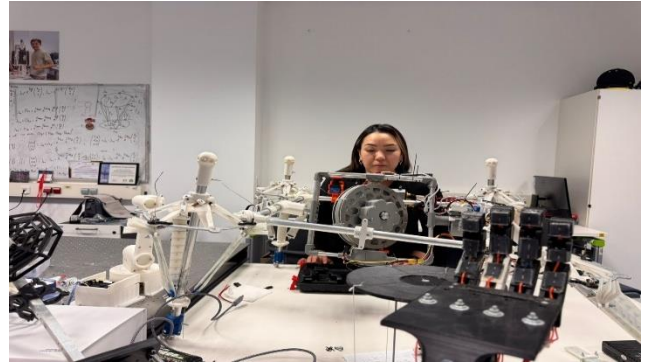
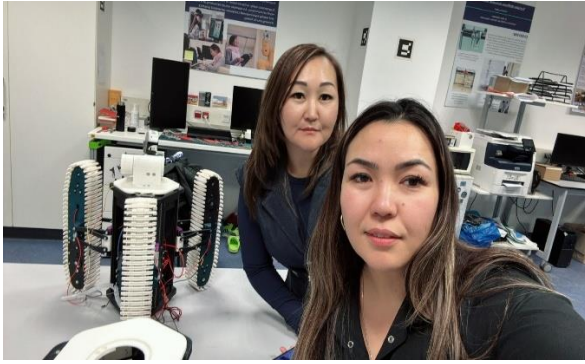
## **2. Основные результаты командировки**

В ходе командировки в Назарбаев Университете состоялась важная встреча с PhD, ассоциированным профессором Ешмухамбетовым Азаматом Нурлановичем. В рамках встречи было проведено знакомство с деятельностью научно-исследовательских центров университета, а также обмен мнениями относительно современного состояния и перспектив развития робототехники.

Основные результаты:

- Ознакомление с исследовательскими центрами: исследовательские центры робототехники и мехатроники Назарбаев Университета представили свои новые научные проекты и инновационные разработки. Проводимые в лабораториях исследования направлены на повышение экологической эффективности и энергосбережения.





## 1. Рисунок. Ознакомление с исследовательскими центрами

### 3. Экологическая эффективность проекта и инновационные технологии

Основная экологическая эффективность проекта заключается в экологически целесообразном применении робототехнических и мехатронных решений в промышленном производстве. Данные решения позволяют экономить энергию, эффективно использовать ресурсы и снижать экологическое воздействие производства.

С точки зрения экологической эффективности следует выделить несколько ключевых аспектов:

**1. Энергосбережение:** Применение робототехнических систем в промышленности позволяет снизить энергопотребление в производственных процессах. Высокая точность и эффективность роботов и мехатронных систем позволяют оптимизировать рабочие процессы при минимальном расходе энергии без потери качества продукции. Это, в свою очередь, повышает экологическую эффективность производства, поскольку снижение энергозатрат способствует более рациональному использованию природных ресурсов.

**2. Снижение отходов:** Преимущество мехатронных систем заключается в обеспечении контроля и управления в реальном времени для минимизации количества отходов. Роботы выполняют производственные операции с высокой точностью, снижая расход материалов и улучшая качество продукции. Это способствует уменьшению образования экологически вредных отходов и более эффективному использованию ресурсов.

**3. Воздействие на окружающую среду:** Внедрение робототехнических систем не только повышает эффективность производства, но и снижает негативное воздействие на окружающую среду. Высокая точность и энергоэффективность производственных процессов приводят к уменьшению вредных выбросов. Это способствует устойчивому развитию производств в соответствии с экологической политикой и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Инновационные технологии играют важную роль в обеспечении экологической эффективности робототехнических систем:

**1. Адаптивные системы управления:** Новые системы позволяют эффективно управлять работой роботов и мехатронных систем. Адаптивные и предиктивные алгоритмы обеспечивают регулирование работы роботов в соответствии с условиями окружающей среды и производства, повышая экологическую эффективность. Эти алгоритмы расширяют возможности экономии ресурсов и повышения общей эффективности системы.

**2. Интеллектуальная диагностика:** Для мониторинга и диагностики состояния робототехнических систем используются специальные технологии. Такие системы позволяют заранее выявлять возможные сбои и неисправности. Прогнозирование и своевременное устранение неисправностей способствует предотвращению негативного экологического воздействия и обеспечивает непрерывность производственных процессов.

Данные инновационные технологии являются основой обеспечения экологической эффективности в промышленном производстве. Внедрение робототехники и мехатроники

позволяет повысить устойчивость производственных процессов и максимально снизить негативное воздействие на окружающую среду.

#### **4. Заключение и рекомендации по результатам командировки**

По итогам командировки было установлено, что существует возможность совместной работы с исследовательскими подразделениями Назарбаев Университета с целью повышения экологической эффективности робототехнических и мехатронных систем. Внедрение данных систем в промышленность позволяет снизить производственные затраты и улучшить экологические показатели.

В настоящее время значение робототехники и мехатроники в производственной и научной сферах значительно возросло. Данные технологии оказывают существенное влияние на повышение экологической эффективности и обеспечение безопасности производственных процессов. Исследовательская работа, проводимая в рамках проекта «Каспийский центр устойчивых инноваций», направлена на разработку новых инновационных решений и технологий для повышения экологической эффективности робототехники.

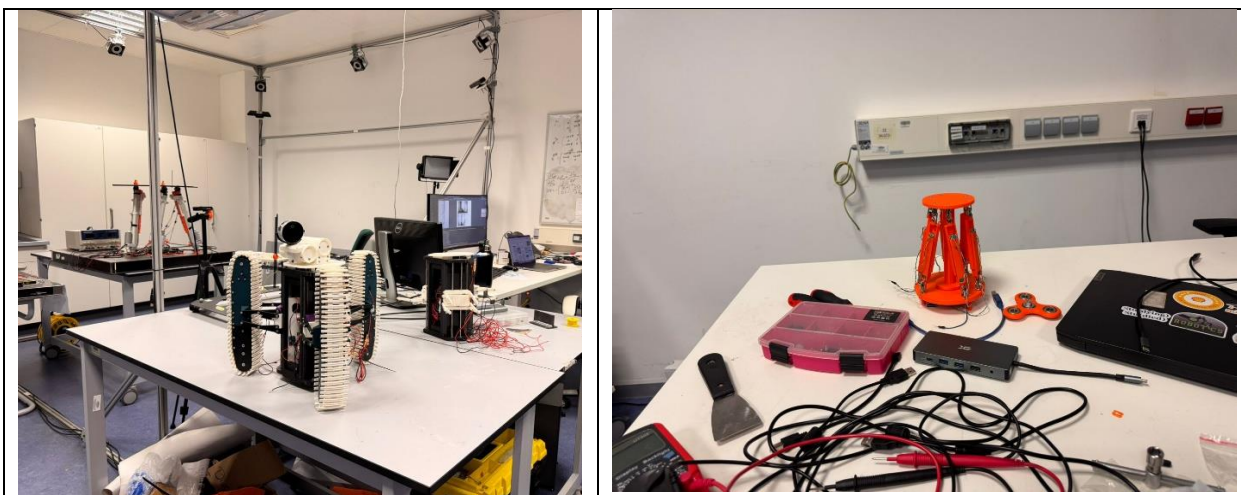
В ходе исследования были предложены усовершенствованные методы и алгоритмы для повышения энергоэффективности и улучшения экологических параметров роботов. Адаптивные и предиктивные алгоритмы позволяют сделать работу роботов более эффективной и экологически безопасной. Данные алгоритмы позволяют снизить энергопотребление на 12–18%, а также повысить производительность робототехнических систем. Кроме того, интеллектуальные системы и диагностика обеспечивают контроль состояния роботов и позволяют предотвращать возможные неисправности.

Теоретические и практические основы повышения экологической эффективности робототехники подтверждены результатами данного исследования. Энергосбережение и снижение количества отходов являются основными преимуществами данных технологий. Внедрение робототехнических и мехатронных систем в производство обеспечивает не только повышение эффективности, но и экологическую устойчивость производственных процессов. Это способствует снижению вредных выбросов и рациональному использованию природных ресурсов.

Для Казахстана и Каспийского региона данное исследование имеет особую значимость, поскольку экологические проблемы и ограниченность энергетических ресурсов являются актуальными задачами данного региона. В этой связи результаты исследования предлагают инновационные решения и технологии, необходимые для обеспечения экологической безопасности региона.

В целом результаты научной работы открывают новые возможности для повышения экологической эффективности робототехники и мехатроники, а также для автоматизации промышленных процессов. Внедрение данных технологий в производство позволяет не только повысить его эффективность, но и сформировать системы, соответствующие экологическим требованиям. Поэтому экологически эффективное использование робототехники является важной задачей не только для промышленности, но и для всего общества.

В будущем необходимо дальнейшее развитие полученных результатов, внедрение новых технологий, а также создание экологически чистых производственных систем. Это станет важным шагом к обеспечению экологической устойчивости не только в отдельном регионе, но и во всем мире.



9 декабря 2025 года в рамках проекта ПЦФ BR 28713197 «Центр устойчивых инноваций Каспийского региона: научно-академическое продвижение альтернативных решений для перехода региона к экологическому будущему» был проведён онлайн научный семинар. <https://www.facebook.com/share/p/1A2oCM5g93/?mibextid=wwXlfr> Семинар был посвящён мероприятию 3-го направления — «Разработка инновационных решений и создание технологий в области робототехники и мехатроники, направленных на повышение производительности, эффективности и безопасности».

Тема доклада: «Как создавать производственные технологии внутри компании». В ходе семинара обсуждались подходы к формированию внутренних технологических решений, возможности интеграции робототехнических и мехатронных систем, а также пути повышения эффективности производственных процессов и их экологической устойчивости. Участники рассмотрели успешные кейсы, стратегические факторы технологического развития и современные инструменты, позволяющие компаниям становиться более инновационными и конкурентоспособными. Выражаем благодарность всем специалистам, принявшим активное участие в мероприятии. Работа, направленная на развитие устойчивых инноваций, будет продолжена и в 2026 году.



Атырауский университет и ТОО «ZiyatTech» совместно организуют новый онлайн-курс.

Курс повышения квалификации «Робототехника и STEM» предназначен для студентов, специалистов и научных сотрудников, желающих углубить свои знания в области STEM и робототехники. Курс проводится в рамках направления 3 программы BR28713197 «Центр устойчивых инноваций Каспийского региона: научно-академическое продвижение альтернативных решений для перехода региона к экологическому будущему» (2025–2027 гг.). Цель программы — поддержка устойчивого развития региона, повышение научно-академического потенциала и создание условий для реализации новых инновационных проектов.

Участники курса осваивают современные технологии в области STEM-дисциплин и робототехники, знакомятся с инновационными образовательными методиками и получают возможность участвовать в практических проектах. В ходе обучения развиваются практические навыки, такие как сборка робототехнических устройств, программирование, проведение STEM-экспериментов и применение методов научных исследований. Кроме того, участники курса могут расширить профессиональные связи, участвуя в региональных и международных проектах.

<https://www.facebook.com/share/p/1EM3D8Rxru/?mibextid=wwXIfr>

Участники курса расширяют знания и навыки в области STEM и робототехники, получают возможность участвовать в инновационных проектах и вносят вклад в развитие научно-академического потенциала региона.

Курс проводился в онлайн-формате, начиная с 23.02.2026 г., что позволило участвовать слушателям из всех регионов страны и на межгородском уровне. Участники успешно завершили курс и получили сертификаты 16.04.2026 года.

ATYRAU UNIVERSITY

BR28713197 "Каспий орнықты инновациялар орталығы: өндірің неғұрлым экологиялық бәлешаққа көшуі үшін бағамалы шешімдерді ғылыми-академиялық іс-серілету" жобасы шеңберінде 3 бағыт бойынша

## «Робототехника және STEM»

атты біліктілікті арттыру курсы

**КҰРСТЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ:**

- ✓ Қазіргі технологиялар
- ✓ Кәсіби даму
- ✓ Инженерлік ойлау
- ✓ STEM дағдылар
- ✓ Тегін қатысу
- ✓ Офлайн/онлайн оқу

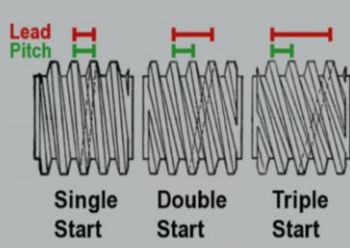
КҰРСТЫ ЖШС «ZIVAT TECH» МАМАНДАРЫ ӨТКІЗЕДІ

Өтетін орны: Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті

Байланыс номері: 87012859558

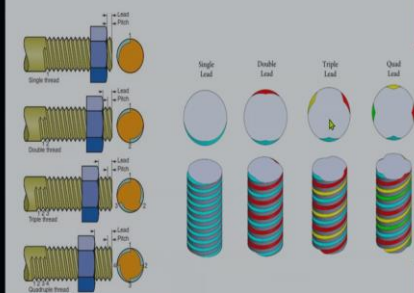


## PITCH AND LEAD



Lead Pitch

Single Start Double Start Triple Start



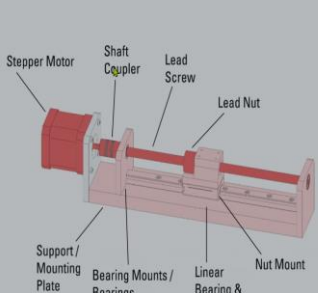
Single Thread Double Thread Triple Thread Quadruple Thread

Single Lead Double Lead Triple Lead Quad Lead

## APPLICATIONS

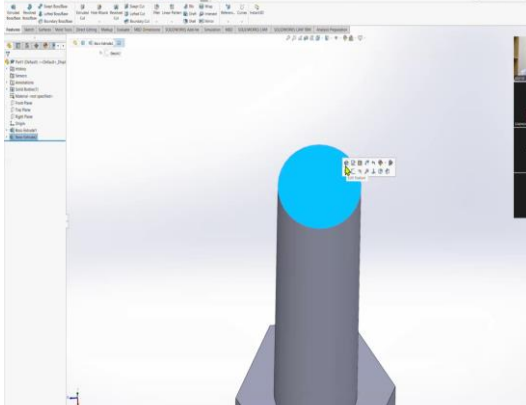
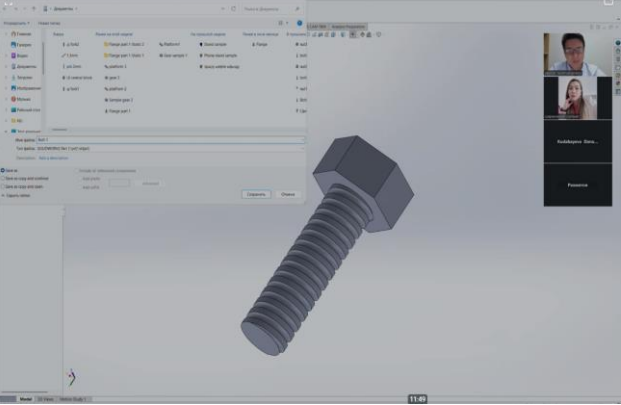


## LINEAR LEAD SCREW MECHANISM



Stepper Motor Shaft Coupler Lead Screw Lead Nut Support/Mounting Plate Bearing Mounts/Bearings Linear Bearing & Guide Nut Mount

## LINEAR ACTUATION



16 апреля в Атырауском университете имени Х. Досмухамедова по инициативе Центра устойчивых инноваций Каспийского региона состоялось торжественное открытие лаборатории робототехники и мехатроники.

Новая лаборатория открыта в рамках развития научно-академической деятельности, направленной на обеспечение экологической устойчивости региона. Основная цель центра — разработка и внедрение альтернативных технологических решений, способствующих формированию устойчивого будущего региона. В церемонии открытия приняли участие заведующий лабораторией FabLab Astana IT University Даулетия Данияр, руководство Атырауского университета, профессорско-преподавательский состав, научные сотрудники и студенты. Торжественное открытие лаборатории провели доктор педагогических наук, профессор Асхат Имангалиев, ректор Атырауского университета Саламат Идрисов и доктор технических наук, профессор Бекет Кенжеғұлов, которые перерезали символическую ленту.

В ходе мероприятия были представлены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных по 3-му направлению программы ПЦФ BR 28713197. Данное направление ориентировано на разработку инновационных решений в области робототехники и мехатроники, направленных на повышение производительности, эффективности и безопасности.

Новая лаборатория создана в рамках развития научно-академической деятельности, направленной на обеспечение экологической устойчивости региона. Основная цель центра — разработка и внедрение альтернативных технологических решений, способствующих формированию устойчивого будущего региона. Основные задачи проекта включают повышение производительности производственных процессов, повышение их эффективности и обеспечение уровня безопасности. В этих целях новая лаборатория оснащена современным оборудованием и предоставляет широкие возможности для проведения научных и практических исследований студентами и учеными.

Кроме того, лаборатория станет важной площадкой для прикладных исследований, направленных на решение актуальных проблем промышленного сектора.



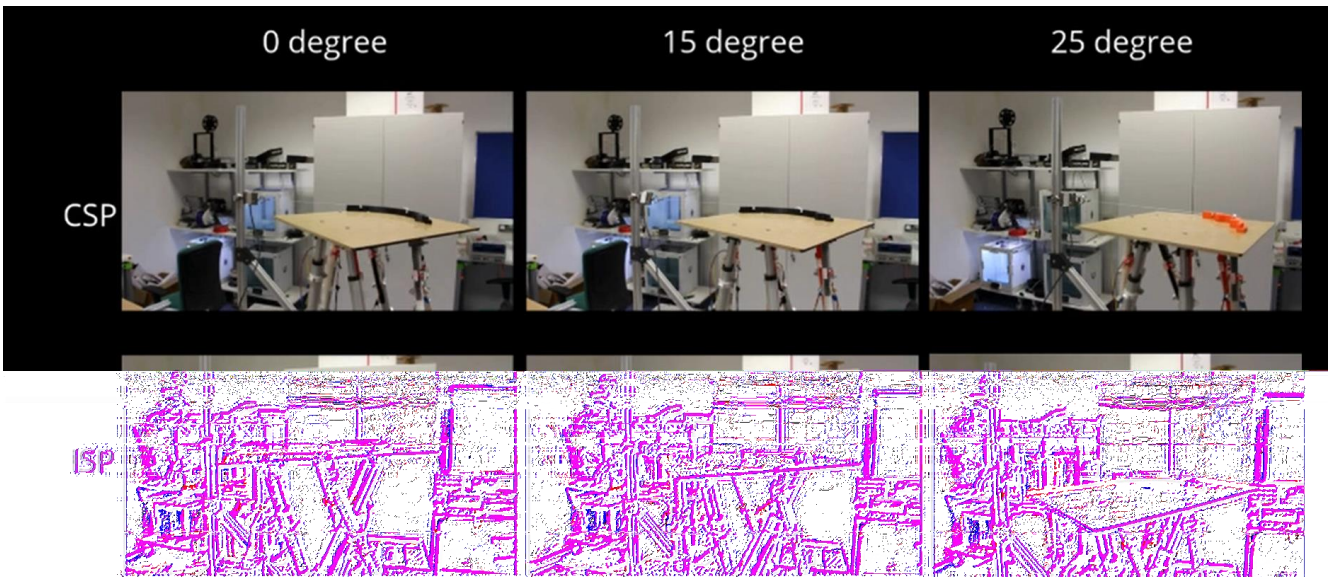
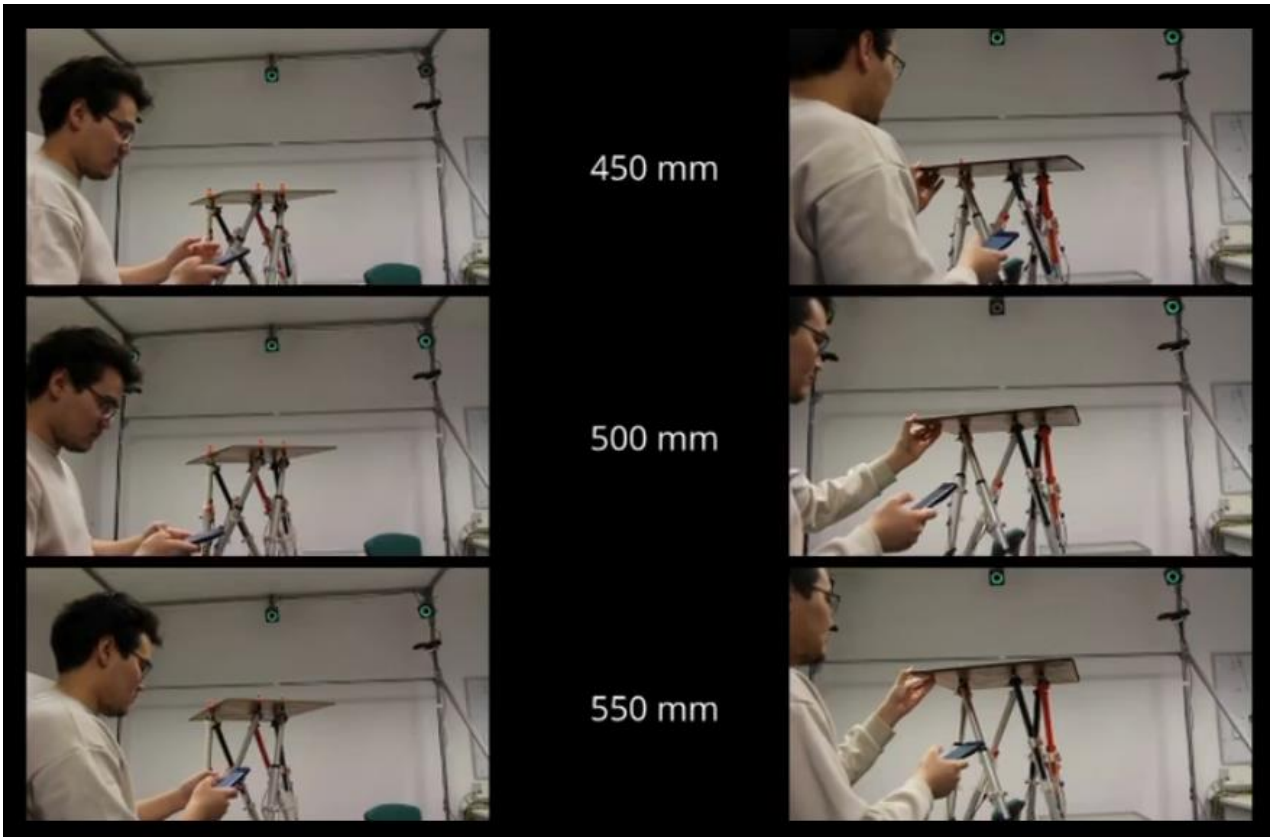


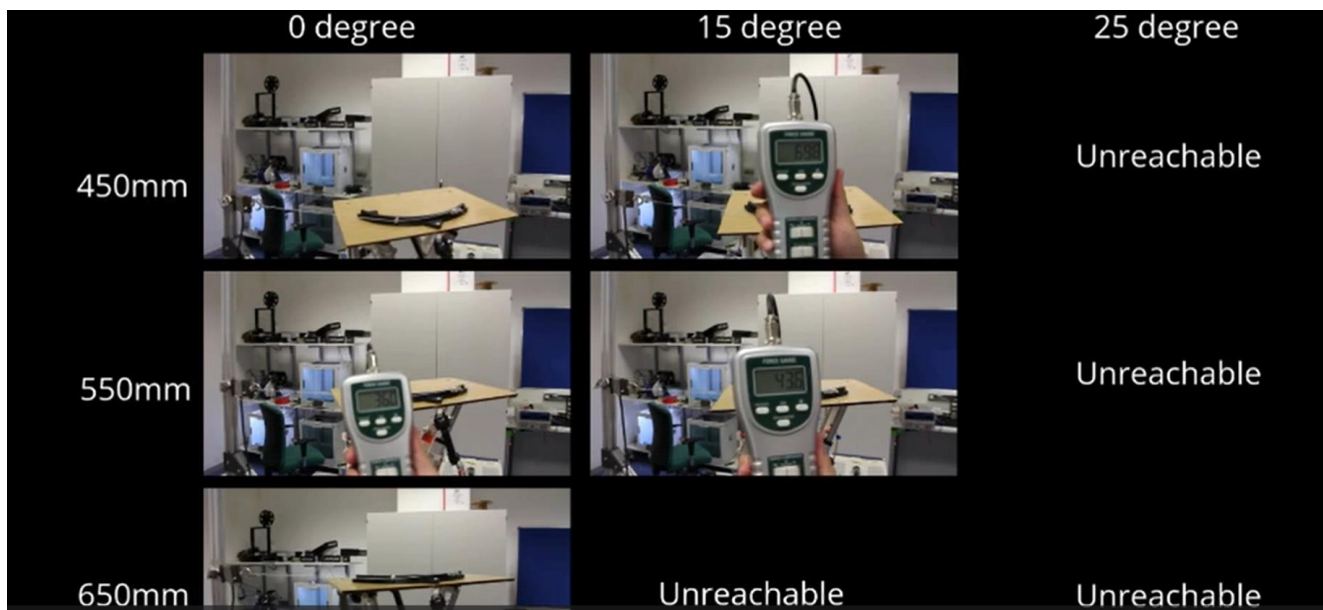
Робототехнические и мехатронные системы широко применяются в современных сферах производства, транспорта, энергетики, медицины и обслуживания, становясь одним из ключевых направлений технологического развития. В последние годы особое внимание уделяется внедрению современных интеллектуальных технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, компьютерное зрение и интеллектуальная обработка данных, с целью расширения функциональных возможностей данных систем и повышения эффективности их работы. Эти технологии значительно улучшают способность робототехнических комплексов воспринимать окружающую среду, анализировать полученную информацию, принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям.

В представленном ниже видеоматериале подробно рассматриваются научные и практические аспекты внедрения интеллектуальных технологий в робототехнические и мехатронные системы. Результаты видеоматериала показывают, что использование интеллектуальных алгоритмов значительно повышает производительность, надежность и автономность систем. Особенно в сложных производственных процессах и системах, работающих в режиме реального времени, применение интеллектуальных методов управления повышает точность операций и способствует снижению ошибок, вызванных человеческим фактором.

В представленном фотоматериале показана работа робототехнической системы, объединяющей элементы искусственного интеллекта и машинного обучения. Фотографии демонстрируют процесс работы интеллектуального комплекса, включающего сенсорные модули, системы обработки данных и исполнительные механизмы.

В процессе работы системы информация собирается с датчиков и камер, после чего полученные данные обрабатываются с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. На основе анализа входных параметров система в автоматическом режиме принимает решения и формирует управляющие воздействия, обеспечивая выполнение поставленных задач.





В фотоматериалах особое внимание уделяется адаптивности системы: робот способен корректировать свои действия в зависимости от изменений внешней среды, что демонстрирует применение методов машинного обучения и интеллектуального управления. Также показаны высокая точность операций и эффективность взаимодействия между программными и аппаратными компонентами.

В ходе исследования был проведён ряд экспериментов, направленных на оптимизацию технических характеристик и режимов работы робототехнических систем. Полученные результаты доказали, что внедрение элементов искусственного интеллекта расширяет возможности системы по адаптации к условиям окружающей среды и повышает способность автономного выполнения сложных задач. Кроме того, установлено, что интеллектуальные методы обработки сенсорной информации позволяют улучшить качество распознавания объектов, планирования движения и управления роботами. Результаты проведённых научных исследований легли в основу формирования новых подходов к проектированию и эксплуатации робототехнических и мехатронных систем. Полученные данные имеют важное научно-практическое значение для развития направлений промышленной автоматизации, технологий «умного производства» и киберфизических систем. Выводы исследования не только подтверждают эффективность применения интеллектуальных технологий, но и демонстрируют перспективы их широкого внедрения в различных сферах.

Научная новизна и практическая значимость проведённой работы позволили получить высокую оценку со стороны международного научного сообщества. На основе результатов исследования были подготовлены научные статьи, направленные в ведущие научные издания. В частности, для публикации результатов исследования были подготовлены и направлены в журналы, индексируемые в международной базе данных Scopus, а также в научные издания, рекомендованные Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (КОКСОН), в общей сложности четыре научные статьи. В данных статьях подробно изложены теоретические основы интеллектуальных систем управления, методы повышения эффективности робототехнических комплексов, результаты экспериментальных исследований и возможности их практического применения.

Таким образом, проведённые исследования подтвердили актуальность и эффективность внедрения интеллектуальных технологий в робототехнические и мехатронные системы, а также предложили новые научные решения, направленные на повышение их производительности, надёжности и автономности. Полученные результаты

формируют прочную научную основу для дальнейшего развития интеллектуальных робототехнических систем и их эффективного применения в различных отраслях промышленности и науки.

# A Two-Radii Gough-Stewart Platform: Kinematics, Dynamics and Isotropic Analysis, and Experimental Verification

RAMAZAN ZHYLKAIDAROV<sup>1</sup>, KOICHI KOGANEZAWA<sup>2</sup>, MAKHATOVA VALENTINA<sup>3</sup>,  
SALTANAT SHARMUKHANBET<sup>3</sup>, GULBARSHIN SHAMBILOVA<sup>3</sup>, and AZAMAT  
YESHMUKHAMETOV<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Department of Robotics Engineering, School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan, 010000

<sup>2</sup>Department of Computer Science, SDU university, Almaty, Kazakhstan, 010000

<sup>3</sup>Faculty of Physics, Mathematics and Information Technology, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan

<sup>4</sup>Institute of Smart Systems and Artificial Intelligence, Astana, Kazakhstan, 010000

Corresponding author: Azamat Yeshmukhametov. Email: [azamat.yeshmukhametov@nu.edu.kz](mailto:azamat.yeshmukhametov@nu.edu.kz).

This research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan Grant No. BR28713197

**ABSTRACT** Parallel manipulators are widely used in tasks that demand high precision and stiffness. Stewart Platform (SP) is an example of such a manipulator, and although it has several advantages it lacks a uniform force-torque distribution across the workspace. This is crucial in tasks demanding repeatable and balanced force application from different points of the workspace, for example, robotic surgeries and precision manufacturing. This paper provides a machine design and development, mathematical model, and simulation study followed by experimental validation. The proposed configuration of the Gough-Stewart Platform enhanced with Isotropy (GSPI) provides much more isotropic nature on force and torque exerting. The GSPI introduces a dual-radii arrangement of the joint placement that results in improving in isotropic behavior of the SP. A kinematic and inverse-kinematic formulation, applicable for both GSPI and a SP taking Conventional/Common Configuration (CSP), is derived. Moreover, we also formulated the dynamic model of the SP, which is based on the Augmented Lagrangian approach. Numerical simulations were applied based on the formulated dynamics, which helps predict the behavior of the machine and provides us how to dynamically control it. The paper also proposes a quantitative index for evaluating how much

IEEE Access - Manuscript ID Access-2026-09583

Входящие



IEEE Access <onbehalfof@manuscriptcentral.com>

вт, 3 мар., 15:51



кому: ramazan.zhylkaidarov, koichi.koganezawa, mahve, мне, shambilova\_gulba, azamat.yeshmukhametov



Похоже, что язык письма: английский



[Перевести на русский](#)

03-Mar-2026

Dear Authors,

Your manuscript entitled "A Two-Radii Gough-Stewart Platform: Kinematics, Dynamics and Isotropic Analysis, and Experimental Verification" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in IEEE Access.

If you are receiving this email, that means you are listed as an author. If you do **not** approve of being listed as a co-author on this article, please reach out to [ieeeaccess@ieee.org](mailto:ieeeaccess@ieee.org) as soon as possible.

As a reminder, IEEE Access is a fully open access journal. Open Access provides unrestricted access to published articles via IEEE Xplore. In lieu of paid subscriptions, authors are required to pay an article processing charge of \$2,160 (plus applicable local taxes) after the article has been accepted for publication.

Your manuscript ID is Access-2026-09583. Please mention the manuscript ID in all future correspondence to the IEEE Access Editorial Office.

Скриншоты статьи, направленной в журнал IEEE Access.

# Computer vision aided, VLM-based human expert level welding quality assessment system

Olzhas Kakimzhanov<sup>a,\*</sup>, Lyailya Kurmangazyeva<sup>b</sup>, Turmukhanova Gulnur<sup>b</sup>, Sharmukhanbet Saltanat<sup>b</sup>, Darkhan Zholtayev<sup>a,\*</sup> and Azamat Yeshmukhametov<sup>a,c,\*</sup>

<sup>a</sup>Institute of Smart Systems and Artificial Intelligence, Kabanbai str 53, Astana, 010000, Kazakhstan

<sup>b</sup>Faculty of Physics, Mathematics and Information Technology, Khalel Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, 060000, Atyrau, Kazakhstan

<sup>c</sup>School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Kabanbai str 53, Astana, 010000, Akmola region, Kazakhstan

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Welding defects  
You only look once  
Vision Language Model  
Quality assessment  
Image processing  
ISO 5817

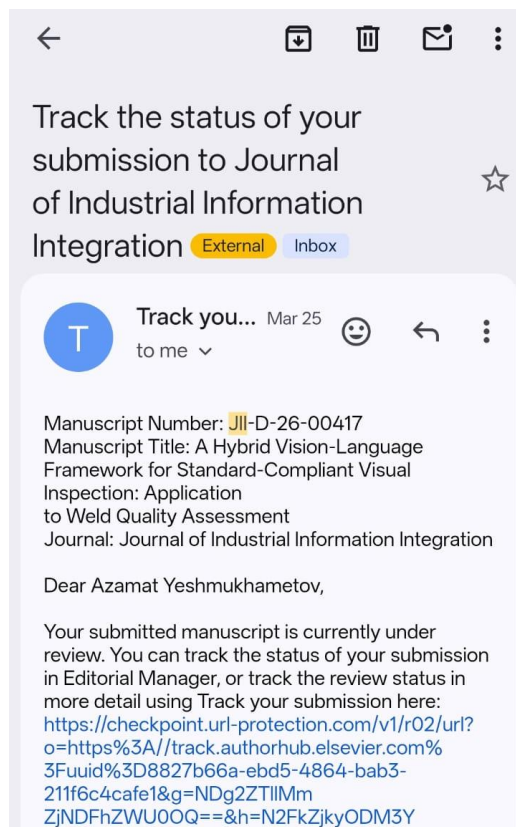
## ABSTRACT

Automated weld inspection has achieved significant progress in defect detection using deep learning-based computer vision systems. However, existing approaches primarily focus on defect localization and classification, while the final weld quality decision remains dependent on human inspectors. This introduces variability, potential bias, and dependence on expert availability, particularly when compliance with ISO 5817 quality levels is required.

In this work, we propose a novel human expert-level welding quality assessment framework that integrates computer vision, quantitative image processing, and vision-language modeling. First, an enhanced defect detection module identifies cracks, porosity, spatters, and welding line irregularities. Image processing techniques are further applied to estimate pore diameters, classify pore sizes, and detect welding discontinuities. These structured quantitative outputs are then provided to a conditioned vision-language model, which performs standards-aware reasoning to generate weld quality conclusions in accordance with ISO 5817 levels (B, D, and F).

Unlike prior methods, the proposed system not only detects defects but also produces a standards-compliant quality verdict accompanied by detailed, human-readable explanations, including defect measurements and seam continuity analysis. Extensive experiments are conducted across diverse weld scenarios. The proposed approach is evaluated against cloud-based state-of-the-art vision-language solutions (Gemini), locally deployed edge models (Gemma), and a baseline VLM-only configuration. Additionally, system conclusions are compared with assessments from experienced human welding inspectors to analyze expert-level alignment.

Results demonstrate that the proposed computer vision-aided vision-language framework provides reliable, interpretable, and standards-compliant weld quality assessments, reducing dependence on subjective human judgment and enabling a higher degree of automation in industrial welding inspection.



Скриншоты статьи, направленной в журнал Journal of Industrial Information Integration.

