



Д.Ш. Мусина\*, Д.О. Кожахметова, Е.А. Оспанов, Т.С. Жылқыбаев

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

\*e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

**Аннотация:** В данной статье представлено исследование алгоритмов с использованием технического зрения для управления роботом-манипулятором. С увеличением числа роботов, используемых в промышленности и других отраслях, возросла необходимость в надежных и точных алгоритмах управления. Таким образом актуальность темы возрастает, а исследования в этой области могут значительно улучшить эффективность и безопасность роботизированных систем. Целью данной статьи является всестороннее исследование различных алгоритмов управления, а также интеграции технического зрения в системы управления.

Алгоритмы управления роботами-манипулятором представляют собой набор математических процедур и методов, которые позволяют роботам выполнять определенные движения и задачи с необходимой эффективностью и точностью. Для этого робот получает важные данные об окружающем его мире с помощью технического зрения. В статье рассмотрены три основных типа алгоритмов: обратная кинематика, ПИД-контроллеры и алгоритмы машинного обучения. Обратная кинематика определяет углы поворота суставов робота, необходимые для достижения заданного положения и ориентации рабочего инструмента. PID-контроллер контролирует движения суставов робота. Управляя скоростью и усилием, он исправляет ошибки между фактическим и заданным положением. Использование методов машинного обучения позволяет обучаться новым задачам и адаптировать своё поведение к изменяющимся условиям.

В рамках данного исследования будут рассмотрены теоретические аспекты алгоритмов и технического зрения. Исследования проводились на манипуляторе Оптима 2 фирмы ZARNITZA.

**Ключевые слова:** робот-манипулятор, алгоритмы управления, обратная кинематика, PID-контроллеры, машинное обучение, техническое зрение, Оптима 2.

### Введение

Робототехника открыла новые возможности за последние десятилетия в различных отраслях. Одним из самых важных компонентов робототехнических систем, являются роботы-манипуляторы. Они способны выполнять широкий спектр задач, которые требуют высокую точность и гибкость. Одной из наиболее сложных и важных задач является эффективное управление такими роботами. Решение этой задачи требует использования современных технологий и алгоритмов.

Алгоритмы управления, используемые в настоящее время, включают как классические методы, такие как обратная кинематика и ПИД-контроллеры, так и новейшие методы машинного обучения, которые открывают новые возможности для робототехники. Более активное и стремительное поведение гарантирует внедрение технического зрения в системы управления манипуляторами [1, 2]. Рука манипулятора, оснащенная системой технического зрения, определяет расположение и форму объекта, до того, как попытается схватить его, таким образом повышая благоприятный исход. То есть роботы могут регулировать свои действия в соответствии с тем, что видят.

Недавние достижения в области алгоритмов, особенно методов машинного обучения, значительно повысили точность и надежность систем восприятия на основе технического

зрения. Между тем, основной задачей является превращение многомерных данных в команды управления, которые будут полезны для манипуляторов [3].

### Условия и методы исследования

В систему управления роботом манипулятором входят: сбор и анализ данных при помощи технического зрения, определение положения посредством обратной задачи кинематики, управление движением через ПИД-контроллеры и адаптация через методы машинного обучения. Тем самым, для точного определения положения звеньев манипулятора, система технического зрения нашла здесь применение. Благодаря этому, робот манипулятор может эффективно работать с различными объектами, расположенными в пространстве, потому что точность позиционирования и обобщенные координаты имеют меньшую погрешность [4].

Как область знания, система технического зрения сосредоточена на практическое применение. Алгоритмы обработки изображений очень сложны и требуют многочисленных расчетов. Обработка изображений в режиме реального времени требует более мощных вычислений.

Алгоритмы использования технического зрения включает в себя несколько этапов, от захвата изображений до анализа и интерпретации данных для выполнения конкретных действий. Первым этапом является подборка оборудования. Основными устройствами для позиционирования объекта являются камеры. Например, такие как RGB, стереокамеры, инфракрасные камеры, ToF камеры и другие сенсоры по типу LIDAR, ультразвуковые датчики. Выбор сенсоров зависит от конкретной задачи и условий эксплуатации. Для обеспечения точности важно, чтобы камеры и сенсоры были синхронизированы и захватывали данные одновременно.

Следующим этапом является сбор данных. То есть на рабочее пространство помещаются объекты, которые сканирует камера [5], а после описываются для разработки набора данных. техническое зрение включает в себя обработку изображений, идентификацию объектов и сегментацию изображений.

Обработка изображений необходима для анализа цифровых изображений, в целях их дальнейшего использования. Качество изображений улучшается за счет использования фильтров, которые удаляют шумы, улучшают контрастность и выделяют контуры.

На следующем этапе применяются алгоритмы глубокого обучения для распознавания объектов [6], определение положения и ориентации, а также сегментации и оценки глубины. Сверточные нейронные сети (CNN) распознает объемы, а архитектура U-Net сегментирует изображения, что позволяет определять содержимое области видения по пикселям. Далее алгоритмы отслеживания, такие как Kalman Filter или Optical Flow, следят за перемещением объектов в пространстве. На рисунке 1 изображена схема распознавания объектов.



Рисунок 1 – Схема распознавания объектов

Затем результаты анализа передаются в систему обратной кинематики. С помощью него можно определить какие углы поворота или перемещения звеньев манипулятора необходимы для достижения заданного положения.

Для начала определяется необходимая желаемая позиция захватного устройства. С помощью метода Денавита-Хартенберга, который позволяет структурировать задачу кинематики, создается модель манипулятора, описывающая геометрию звеньев и суставов. Следующим шагом является решение ОЗК. Уравнения обратной кинематики решаются для определения необходимых углов поворота суставов или линейных перемещений звеньев на основе конечной позиции и ориентации. Это можно сделать с помощью аналитических или численных методов.

В аналитическом методе применяются формулы для вычисления решений. Однако такой метод влечет за собой ряд сложностей. Например, сложность получения обобщенных координат в явном виде. Кроме того, аналитические формулы состоят из тригонометрических функций, для их решения необходимы обратные тригонометрические функции, которые имеют неопределенности [7]. Тем самым, это добавляет еще больше неопределенности в решение ОЗК. Если решение обратной задачи с использованием аналитических выражений невозможно, используются численные методы, такие как градиентный спуск или метод Ньютона-Рафсона.

Далее проверяются полученные углы и перемещения на соответствие физическим и механическим ограничениям манипулятора, таким как предельные углы поворота суставов и длины звеньев. Исполнительные механизмы робота получают значения линейных перемещений или углов поворота суставов. В конечном итоге, в соответствии с вычисленными значениями манипулятор достигает определенного положения и ориентации захватного устройства.

Следующий алгоритм управления роботом манипулятором это – ПИД-контроллеры. Пропорционально-интегрально-дифференциальный контроллер – это вид устройства управления, который использует метод обратной линейной связи, чтобы регулировать процессы и контроль заданного уровня выходной величины [8]. А также с помощью обработки и вычисления ошибок между введенным значением и действительным выходящим значением системы, он настраивает процесс, корректируя на основе таких составляющих как: пропорциональная, интегральная и дифференциальная.

На пропорциональную составляющую напрямую влияет текущая ошибка. Чем она больше, тем больше управляющий сигнал. Таким образом, данная составляющая способствует быстрому реагированию на отклонения, но это может вызвать статистическую погрешность. Интегральная составляющая помогает решить проблемы с постоянной ошибкой, исправляя медленные и длительные отклонения. Однако чрезмерное значение этой составляющей может спровоцировать нестабильность системы. Дифференциальная составляющая приводит систему к стабильности и устойчивости к быстрым корректировкам, предусматривая и снижая влияние будущей ошибки [9].

ПИД-контроллеры совместно с техническим зрением во много раз улучшает управление роботом-манипулятором, что дает более точную и гибкую реализацию. После захвата и обработки изображения камерами, начинается вычисление ошибок на основе визуальных данных. Далее устанавливается местоположение манипулятора или объекта относительно целевой точки. И рассчитывается ошибка между текущим положением и заданной целью. На основе вычислений формируется управляющий сигнал. Далее он передается на приводы манипулятора, регулируя движения. Сведения о положении робота, техническое зрение постоянно обновляет. Тем самым, это дает возможность ПИД-контроллеру реагировать на изменения в настоящий момент.

А для того, чтобы манипулятор работал еще более эффективно и гибко, в управлении роботом применяются алгоритмы машинного обучения. Система машинного обучения занимается сбором сведений о действиях робота, а также информации об ошибках и сдвигах от норм. Следующим этапом происходит анализирование собранных данных, с помощью глубокого обучения. Далее осуществляется оптимизация алгоритмов обратной кинематики и параметров ПИД-контроллеров, тем самым работа робота становится качественней [10].

Существует несколько способов машинного обучения, которые можно применить в управлении: обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением, глубокое обучение, глубокое обучение с подкреплением. При методе обучения с учителем, для обучения модели, специалист применяет размеченные данные. Иначе говоря, алгоритму только необходимо понять, почему выделенный ответ правильный. Он применяется в техническом зрении для обнаружения объектов и их положения, с помощью CNN. При методе обучения без учителя, модель сама определяет закономерность в размеченных данных. А метод обучения с подкреплением заключается в самостоятельном взаимодействии системы с некоторой средой, по принципу метода проб и ошибок.

Следующий метод глубокого обучения, является одним из важнейших в алгоритмах управления манипулятором, который может выполнить все необходимые задачи с высокой точностью. Глубокое обучение включает в себя сверточные и рекуррентные нейронные сети,

генеративно-состязательные нейронные сети, и автокодировщики. Кроме того, что глубокое обучение используют в распознавании объектов с помощью CNN, глубокое обучение также применяется в прогнозировании и планировании траекторий, с помощью RNN. Генеративно-состязательные сети повышают качество изображений, а неисправности выявляют автокодировщики. Но самый многообещающий алгоритм это – глубокое обучение с подкреплением. Он не требует ручного кодирования, управляется за счет данных, кроме того, не чувствителен к калибровке. Глубокое обучение с подкреплением отлично подходит для задач с многомерными данными [11, 12]. Также этот метод обучает систему более оптимальным траекториям, при этом уменьшая время и затраты энергии. Обучает робота-манипулятора определять возможные опасности и соответственно реагировать во избежание аварийных ситуаций.

### Результаты научных исследований

Существуют различные способы управления роботом манипулятором. В университете имени Шакарима, на кафедре IT технологий установлен манипулятор Оптима 2 фирмы ZARNITZA, изображенный на рисунке 2. Управление манипулятором можно провести с помощью углового перемещения или декартовых координат, а также имеется модуль технического зрения.

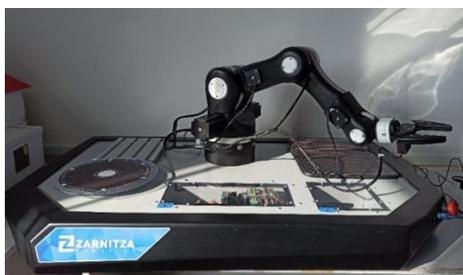


Рисунок 2 – Робот-манипулятор Оптима 2

Угловое перемещение в роботах-манипуляторах относится к изменению угла поворота звеньев или суставов, относительно осей вращения. Таким образом, в манипуляторах используются вращательные приводы для управления угловым перемещением. Это позволяет роботам выполнять сложные движения и точно позиционировать свои части в необходимом месте.

Перемещение роботов-манипуляторов в системе декартовых координат означает, что захват робота двигается вдоль трёх осей: X, Y и Z. В этой системе робот перемещается по прямым линиям вдоль этих осей, что делает управление и планирование движений проще.

Техническое зрение помогает определять расположение объектов и корректировать как углы поворота суставов, так и линейные перемещения робота вдоль осей. Процесс становится более плавным и адаптивным.

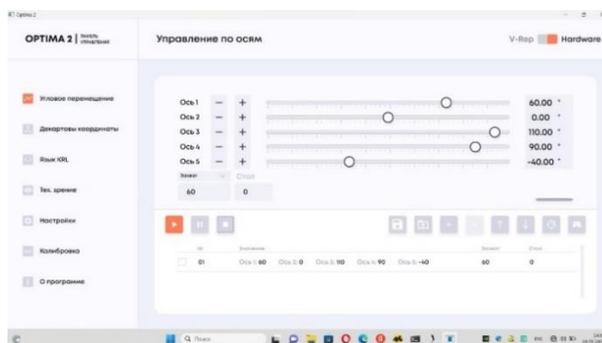


Рисунок 3 – Окно программного обеспечения Оптима 2

Управление роботом с помощью углового перемещения или декартовых координат осуществляется в программе Оптима 2. На рисунке 3 изображено окно программы, в котором задаются углы поворота звеньев. Для наглядной демонстрации и проверки, на виртуальной платформе V-REP была собрана манипуляционная рука. Например, задавая значения углов в программном обеспечении Оптима 2, мы видим на рисунке 4, как манипулятор в симуляторе повернулся. Проверив заданные значения на виртуальной платформе, мы осуществляем процесс в реальности, идентичный повороту руки изображен на рисунке 5.

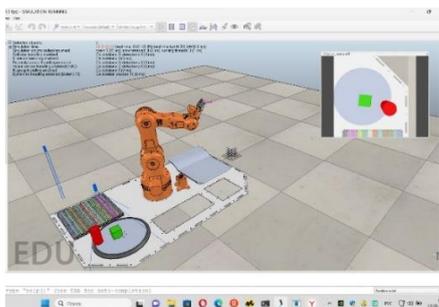


Рисунок 4 – Окно программы симулятора V-REP



Рисунок 5 – Поворот робота-манипулятора

### Обсуждение научных результатов

В ходе исследования были изучены два подхода: управление с помощью углового перемещения и по системе декартовых координат. Угловое перемещение, при котором манипулятор изменяет углы поворота суставов относительно осей вращения, оказалось в нашем случае более удобным, так как оно даёт больше свободы при выполнении сложных задач в ограниченных пространствах. В задачах, где требуется определённый наклон захвата, управление углами обеспечивает лучший контроль и позволяет избегать ошибок, связанных с преобразованиями.

Кроме того, было выявлено, что объединение технического зрения и машинного обучения повышает точность позиционирования. Благодаря, действенной работы CNN в анализе данных с камер, появляется возможность точно определять ориентацию объектов. Тем самым, это улучшает работу алгоритмов управления ПИД-контроллеров и обратной кинематики.

Для верификации были проведены эксперименты в программном обеспечении Optima 2 и на симуляционной платформе V-REP. Эти виртуальные эксперименты подтвердили эффективность управления как угловым перемещением, так и по декартовым координатам. Результаты симуляций были успешно воспроизведены на реальном манипуляторе.

### Заключение

В процессе изучения управления роботами-манипуляторами было обнаружено, что существует важная взаимосвязь между обратной кинематикой, PID-контроллерами, техническим зрением, машинным обучением, угловым перемещением и по декартовым координатам. Эти элементы объединяются в единую систему, что позволяет достигать высокой точности и адаптивности при выполнении сложных задач.

Обратная кинематика помогает определить углы поворота суставов для углового перемещения, в то время как PID-контроллеры отвечают за корректировку движений, уменьшая ошибки. Техническое зрение, в сочетании с машинным обучением, позволяет лучше анализировать окружающую среду и управлять движением манипулятора. Выполняя сложные задачи в режиме реального времени, эти системы повысят производительность и расширят возможности применения манипуляторов в различных отраслях.

### Список литературы

1. Neural Control for Image Stabilisation Using a Reference Model / G. Balbayev et al // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – vol. 10, № 1. – P. 17-21.
2. Recent Advances of Generative Adversarial Networks in Computer Vision / Yang-Jie Cao et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 14985-15006.
3. Рахметова П.М. Исследование системы управления движением манипулятора с помощью компьютерного зрения / П.М. Рахметова, Ж.Н. Исабеков, А.Ю. Бектилеков // Вестник КазАТК. – 2023. – № 6(129). – С. 319-326.
4. Колтыгин Д.С. Аналитический и численный методы решения обратной задачи кинематики для робота Delta / Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников, Н.В. Петухов // Вестн. Иркутского гос.технического ун-та. – 2017. – Т. 21, № 5(124). – С. 87-95.
5. SoCodeCNN: Program Source Code for Visual CNN Classification Using Computer Vision Methodology / S. Dey et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 157158-157172.
6. Deep Learning Approaches Based on Transformer Architectures for Image Captioning Tasks / R. Castro et al // IEEE Access. – 2022. – vol. № 10. – P. 33679-33694.

7. Колтыгин Д.С. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором / Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников // Системы. Методы. Технологии. – 2020. – № 4(48). – С. 65-74.
8. Ang K.H. PID control system analysis, design, and technology. / K.H. Ang, G. Chong, Y. Li. // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2005. – vol. № 13(4). – P. 559-576.
9. Al-Khayyt S.Z.S. Tuning PID Controller by Neural Network for Robot Manipulator Trajectory Tracking / S.Z.S. Al-Khayyt // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2013. – № 8(1). – P. 19-28.
10. Подход к автоматическому прогнозированию состояния промышленных манипуляторов с применением методов машинного обучения / А.С. Гончаров и др. // Доклады ТУСУР. – 2021. Т. 24, № 1. – С. 48-54.
11. Deep Reinforcement Learning for the Control of Robotic Manipulation: A Focussed Mini-Review / R. Liu et al // Robotics. – 2021. – Vol. № 10(1). – P. 22-34.
12. Серебряков М.Ю. Глубокое обучение с подкреплением в управлении манипуляционными роботами / М.Ю. Серебряков, С.В. Колесова, А.А. Зинченко // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – № 9. – С. 265-268.

### References

1. Neural Control for Image Stabilisation Using a Reference Model / G. Balbayev et al // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – vol. 10, № 1. – P. 17-21. (In English).
2. Recent Advances of Generative Adversarial Networks in Computer Visionin / Yang-Jie Cao et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 14985-15006. (In English).
3. Rakhmetova P.M. Issledovanie sistemy upravleniya dvizheniem manipulyatora s pomoshch'yu komp'yuternogo zreniya / P.M. Rakhmetova, ZH.N. Isabekov, A.YU. Bektilevov. // Vestnik KaZATK. – 2023. – № 6(129). – S. 319-326. (In Russian).
4. Koltygin D.S. Analiticheskii i chislennyyi metody resheniya obratnoi zadachi kinematiki dlya robota Delta / D.S. Koltygin, I.A. Sedel'nikov, N.V. Petukhov // Vestn. Irkutskogo gos.tekhnicheskogo un-ta. – 2017. – Т. 21, № 5(124). – S. 87-95. (In Russian).
5. SoCodeCNN: Program Source Code for Visual CNN Classification Using Computer Vision Methodology / S. Dey et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 157158-157172. (In English).
6. Deep Learning Approaches Based on Transformer Architectures for Image Captioning Tasks / R. Castro et al // IEEE Access. – 2022. – vol. № 10. – P. 33679-33694. (In English).
7. Koltygin D.S. Metod i programma resheniya pryamoj i obratnoi zadachi kinematiki dlya upravleniya robotom-manipulyatorom / D.S. Koltygin, I.A. Sedel'nikov // Sistemy. Metody. Tekhnologii. – 2020. – № 4(48). – S. 65-74. (In Russian).
8. Ang K.H. PID control system analysis, design, and technology. / K.H. Ang, G. Chong, Y. Li. // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2005. – vol. № 13(4). – P. 559-576. (In English).
9. Al-Khayyt S.Z.S. Tuning PID Controller by Neural Network for Robot Manipulator Trajectory Tracking / S.Z.S. Al-Khayyt // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2013. – № 8(1). – P. 19-28. (In English).
10. Podkhod k avtomaticheskomu prognozirovaniyu sostoyaniya promyshlennykh manipulyatorov s primeneniem metodov mashinnogo obucheniya / A.S. Goncharov i dr. // Doklady TUSUR. – 2021. Т. 24, № 1. – S. 48-54. (In Russian).
11. Deep Reinforcement Learning for the Control of Robotic Manipulation: A Focussed Mini-Review / R. Liu et al // Robotics. – 2021. – Vol. № 10(1). – P. 22-34. (In English).
12. Serebryakov M.YU. Glubokoe obuchenie s podkrepleniem v upravlenii manipulyatsionnymi robotami / M.YU. Serebryakov, S.V. Kolesova, A.A. Zinchenko // Izvestiya TuLGU. Tekhnicheskie nauki. – 2022. – № 9. – S. 265-268. (In Russian).

**Д.Ш. Мусина\*, Д.О. Кожаметова, Е.А. Оспанов, Т.С. Жылқыбаев**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А  
\*e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru

### ТЕХНИКАЛЫҚ КӨРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРДЫ БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІН ЗЕРТТЕУ

*Бұл мақалада робот-манипуляторды басқару үшін техникалық көруді қолданатын алгоритмдерді зерттеу ұсынылған. Өнеркәсіпте және басқа салаларда қолданылатын роботтар*

санының артуымен сенімді және дәл басқару алгоритмдеріне қажеттілік артты. Осылайша, тақырыптың өзектілігі артып келеді және осы саладағы зерттеулер роботтық жүйелердің тиімділігі мен қауіпсіздігін айтарлықтай жақсарта алады. Бұл мақаланың мақсаты өртүрлі басқару алгоритмдерін жан-жақты зерттеу, сонымен қатар техникалық көруді басқару жүйелеріне біріктіру болып табылады.

Роботты басқару алгоритмдері-бұл роботтарға белгілі бір қозғалыстар мен тапсырмаларды қажетті тиімділік пен дәлдікпен орындауға мүмкіндік беретін математикалық процедуралар мен әдістер жиынтығы. Ол үшін робот қоршаған әлем туралы маңызды деректерді техникалық көру арқылы алады. Мақалада алгоритмдердің үш негізгі түрі қарастырылады: кері кинематика, PID контроллері және машиналық оқыту алгоритмдері. Кері кинематика робот буындарының айналу бұрыштарын анықтайды, олар жұмыс құралының белгіленген орны мен бағытына жету үшін қажет. PID контроллері Робот буындарының қозғалысын басқарады. Жылдамдық пен күшті басқару арқылы ол нақты және берілген позиция арасындағы қателерді түзетеді. Машиналық оқыту әдістерін қолдану жаңа тапсырмаларды үйренуге және мінез-құлқыңызды өзгертін жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Осы зерттеу аясында алгоритмдер мен техникалық көрудің теориялық аспектілері қарастырылады. Зерттеулер ZARNITZA Optima 2 манипуляторында жүргізілді.

**Түйін сөздер:** робот манипуляторы, басқару алгоритмдері, кері кинематика, PID контроллері, машиналық оқыту, техникалық көру, Оптима 2.

**D.Sh.Musina\*, D.O. Kozhakhmetova, E.A. Ospanov, T.S. Zhylykbayev**

Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street  
\*e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru

## STUDY OF CONTROL ALGORITHMS FOR ROBOT MANIPULATOR USING MACHINE VISION TECHNOLOGIES

*This article presents a study of algorithms using machine vision to control a robot manipulator. With the increasing number of robots used in industry and other industries, the need for reliable and accurate control algorithms has increased. Thus, the relevance of the topic increases, and research in this area can significantly improve the efficiency and safety of robotic systems. The purpose of this article is a comprehensive study of various control algorithms, as well as the integration of machine vision into control systems.*

*Robot manipulator control algorithms are a set of mathematical procedures and methods that allow robots to perform certain movements and tasks with the necessary efficiency and accuracy. To do this, the robot receives important data about the world around it using machine vision. The article considers three main types of algorithms: inverse kinematics, PID controllers and machine learning algorithms. Reverse kinematics determines the angles of rotation of the robot joints, which are necessary to achieve a given position and orientation of the working tool. The PID controller controls the movements of the robot's joints. By controlling the speed and force, it corrects errors between the actual and the set position. Using machine learning methods allows you to learn new tasks and adapt your behavior to changing conditions.*

*Within the framework of this study, the theoretical aspects of algorithms and machine vision will be considered. The research was carried out on the Optima 2 manipulator manufactured by ZARNITZA.*

**Key words:** robot manipulator, control algorithms, inverse kinematics, PID controllers, machine learning, machine vision, Optima 2.

### Сведения об авторах

**Дарина Шамильевна Мусина \*** – магистрант кафедры IT технологий; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru.

**Динара Ошановна Кожаметова** – ассоциированный профессор кафедры IT технологий, доктор философии PhD; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dinara\_kozhahmet@mail.ru.

**Ербол Амангазович Оспанов** – ассоциированный профессор кафедры IT технологий, доктор философии PhD; Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: 780ea@mail.ru.

**Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев** – магистр технических наук, преподаватель кафедры IT технологий; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhitosya@mail.ru.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Дарина Шамильевна Мусина\*** – IT технологиялар кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru.

**Динара Ошановна Кожаметова** – IT технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, Қазақстан Республикасы; e-mail: dinara\_kozhahmet@mail.ru.

**Ербол Амангазович Оспанов** – IT технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев** – техника ғылымдарының магистрі, IT технологиялар кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhitosya@mail.ru.

#### Information about the authors

**Darina Musina\*** – Master's student of the Department of IT Technologies; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: darina\_musina\_21@mail.ru.

**Dinara Kozhakhmetova** – Associate Professor of the Department of IT Technologies, Doctor of Philosophy PhD, Shakarim University of Semey, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dinara\_kozhahmet@mail.ru.

**Yerbol Ospanov** – Associate Professor of the Department of IT Technologies, Doctor of Philosophy PhD, Shakarim University of Semey, Semey, Republic of Kazakhstan; 78oea@mail.ru.

**Tursynkhan Zhylykbayev** – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department of IT Technologies, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: zhitosya@mail.ru.

Поступила в редакцию 14.10.2024

Поступила после доработки 27.11.2024

Принята к публикации 30.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-2](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-2)

MPHTI: 20.51.19



**К.Е. Икласова<sup>1\*</sup>, А.К. Шайханова<sup>2</sup>, М.Ж. Базарова<sup>3</sup>, Р.М. Ташибаев<sup>1</sup>, А.С. Казанбаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,  
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
100000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,  
070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34

\*e-mail: keiklasova@ku.edu.kz

## ОБЗОР РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ: МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ

**Аннотация.** Рекомендательные системы играют ключевую роль в цифровой среде, обеспечивая персонализированные рекомендации в интернет-магазинах, стриминговых сервисах, социальных сетях и образовательных платформах. В данной работе представлен всесторонний обзор моделей рекомендательных систем, включая контентную и коллаборативную фильтрацию, гибридные подходы, а также современные алгоритмы, основанные на глубоком обучении, обучении с подкреплением и графовых нейронных сетях. Проанализированы преимущества и недостатки различных методов, их точность, производительность, масштабируемость и адаптивность к новым данным. Рассмотрены основные вызовы, такие как проблема «холодного старта», разреженность данных, предвзятость алгоритмов, необходимость объяснимости рекомендаций и обеспечение конфиденциальности. Отдельное внимание уделено перспективам внедрения рекомендательных систем в образовательные платформы. Подчеркнута важность использования гибридных и интеллектуальных систем для эффективного анализа данных пользователей и построения рекомендаций с учетом индивидуальных потребностей. В заключении сделан вывод о дальнейшем развитии рекомендательных систем, которое будет связано с интеграцией новейших технологий искусственного интеллекта, оптимизацией вычислительных ресурсов и расширением области их применения в различных цифровых экосистемах. Работа может быть полезна исследователям, разработчикам и практикам, работающим в сфере искусственного интеллекта и образовательных технологий.

**Ключевые слова:** рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, глубокое обучение, обучение с подкреплением, графовые нейронные сети, образовательные платформы, персонализация, анализ данных.