

## Современные средства, используемые при формировании интеллектуальных систем управления

*С.В. Григорьева, И.А. Бородянский*

*Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Современные интеллектуальные системы управления (ИСУ) представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы, которые используют методы искусственного интеллекта, машинного обучения и обработки больших данных для автоматизации процессов принятия решений. В статье рассматриваются основные средства и технологии, применяемые при разработке ИСУ, такие, как нейронные сети, алгоритмы глубокого обучения, экспертные системы и системы поддержки принятия решений. Особое внимание уделяется роли облачных вычислений, интернета вещей и киберфизических систем в повышении эффективности интеллектуальных систем управления. Проанализированы перспективы развития данной области, а также вызовы, связанные с безопасностью данных и интерпретируемостью моделей. Приводятся примеры успешного внедрения ИСУ в промышленности, медицине и городском управлении.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы управления, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, большие данные, интернет вещей, киберфизические системы, глубокое обучение, экспертные системы, автоматизация

### Введение

В последние десятилетия интеллектуальные системы управления становятся неотъемлемой частью современных промышленных и социальных процессов. Их развитие обусловлено стремительным прогрессом в области искусственного интеллекта, машинного обучения, обработки больших данных и развитием вычислительных мощностей. Современные ИСУ используются для автоматизации сложных процессов принятия решений в реальном времени, что делает их востребованными в таких областях, как промышленность, медицина, транспорт и городское управление.

Цель данной статьи – рассмотреть современные средства и технологии, которые применяются при разработке ИСУ, определить основные тенденции и перспективы их развития, а также выделить ключевые вызовы в этой области.

## **Основные компоненты интеллектуальных систем управления**

Современные ИСУ включают в себя несколько ключевых компонентов:

1. Алгоритмы искусственного интеллекта – основа любой интеллектуальной системы. Среди них выделяют:

- Нейронные сети и глубокое обучение [1].
- Экспертные системы.
- Эволюционные алгоритмы.

2. Обработка больших данных – ИСУ требуют анализа огромных массивов информации для принятия решений. Используются технологии Hadoop, Spark и NoSQL базы данных [2].

3. Интернет вещей – обеспечивает сбор данных с физических устройств и их интеграцию в единое информационное пространство [3].

Киберфизические системы – объединяют физические устройства с цифровыми моделями для создания адаптивных систем управления [4].

### **Нейронные сети и глубокое обучение**

Нейронные сети являются одним из наиболее мощных инструментов создания интеллектуальных систем. Они позволяют моделировать сложные нелинейные зависимости в данных и обеспечивают высокую точность прогнозов. Глубокое обучение (deep learning), основанное на многослойных нейронных сетях, используется для решения задач классификации, распознавания образов и обработки естественного языка (NLP) [5].

Примером успешного применения глубокого обучения является система AlphaGo от DeepMind, которая смогла победить чемпиона мира по игре го [6]. Подобные алгоритмы находят применение в промышленности для оптимизации производственных процессов и прогнозирования отказов оборудования.

## **Экспертные системы**

Экспертные системы представляют собой базу знаний, которая используется для автоматизации принятия решений на основе логических правил. Они особенно эффективны в тех областях, где требуется высокая точность решений и накоплен значительный объем экспертного опыта [7].

## **Интернет вещей (IoT) и киберфизические системы**

IoT играет важную роль в формировании интеллектуальных систем управления за счёт возможности сбора данных с датчиков в реальном времени. Например, умные города используют IoT для управления транспортными потоками и энергопотреблением [8].

Киберфизические системы объединяют физическую инфраструктуру (например, производственное оборудование) с цифровыми моделями. Это позволяет создать замкнутый цикл управления: сбор данных – анализ – принятие решений – воздействие на физическую систему.

## **Облачные вычисления**

Облачные технологии обеспечивают необходимую вычислительную мощность для работы ИСУ. Они позволяют масштабировать ресурсы в зависимости от объема данных и сложности задач. Примером является использование платформы Microsoft Azure AI для создания интеллектуальных приложений [9].

## **Роль больших данных в интеллектуальных системах управления**

Одним из ключевых компонентов современных ИСУ является обработка больших данных. Объем информации, генерируемой предприятиями, устройствами IoT, социальными сетями и другими источниками, постоянно увеличивается. Для эффективного использования этих данных в ИСУ применяются технологии больших данных (Big Data), которые позволяют:

---

- собирать и хранить данные в больших объемах;
- анализировать данные в реальном времени;
- выявлять скрытые закономерности и аномалии.

Технологии больших данных включают в себя такие инструменты, как Apache Hadoop, Apache Spark, базы данных NoSQL (например, MongoDB, Cassandra) и системы распределенного хранения данных. Эти инструменты обеспечивают высокую скорость обработки информации и масштабируемость решений.

Примером успешного использования больших данных в ИСУ является система управления энергетическими сетями. В таких системах данные с датчиков, установленных на трансформаторах и линиях электропередачи, анализируются в реальном времени для предотвращения аварий и оптимизации энергопотребления.

### **Интеграция искусственного интеллекта и IoT**

Интернет вещей играет важную роль в развитии интеллектуальных систем управления. IoT-устройства, оснащенные датчиками, обеспечивают сбор данных о состоянии физических объектов и окружающей среды. Эти данные используются для обучения моделей искусственного интеллекта, которые затем принимают решения на основе полученной информации.

Примером интеграции искусственного интеллекта (ИИ) и IoT является система "умный дом". В таких системах датчики температуры, освещенности, движения и другие устройства IoT передают данные в интеллектуальную систему управления, которая автоматически регулирует параметры микроклимата, освещения и безопасности.

Более сложные примеры можно найти в промышленности. Например, системы предиктивного обслуживания оборудования используют данные с датчиков для прогнозирования возможных отказов. Это позволяет проводить

ремонтные работы до возникновения аварийных ситуаций, что значительно снижает затраты.

### **Киберфизические системы: новый уровень взаимодействия между физическим и цифровым мирами**

Киберфизические системы (КФС) представляют собой интеграцию физических объектов с их цифровыми двойниками. Эти системы обеспечивают:

1. Моделирование процессов: создание цифровых моделей физических объектов для анализа их поведения.
2. Управление в реальном времени: использование данных с физических объектов для оперативного принятия решений.
3. Адаптивность: автоматическое изменение параметров системы в зависимости от внешних условий.

Примером киберфизической системы является система управления беспилотным транспортом. Такие системы используют данные с камер, лидаров и других сенсоров для построения цифровой модели окружающей среды. На основе этой модели принимаются решения о маршруте движения, скорости и других параметрах.

Еще одним примером являются "умные" производственные линии, где КФС используются для контроля качества продукции и оптимизации производственных процессов.

### **Этические аспекты и вызовы безопасности в ИСУ**

Несмотря на значительные успехи в разработке интеллектуальных систем управления, существует ряд проблем, связанных с этикой и безопасностью:

1. Прозрачность принятия решений: сложность объяснения решений, принимаемых ИСУ на основе сложных алгоритмов ИИ. Это особенно важно в таких областях, как медицина или правоприменение.

2. Конфиденциальность данных: необходимость защиты персональной информации от несанкционированного доступа.

3. Ответственность за ошибки: определение того, кто несет ответственность за ошибки, допущенные системой (например, авария с участием беспилотного автомобиля).

Для решения этих проблем разрабатываются подходы Explainable AI (объяснимый искусственный интеллект), которые позволяют интерпретировать и объяснять работу сложных моделей ИИ. Также внедряются стандарты безопасности данных и законодательства в области защиты персональной информации.

### **Будущее интеллектуальных систем управления**

Перспективы развития ИСУ связаны с дальнейшим совершенствованием технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и обработки больших данных. Ожидается появление новых подходов к созданию объяснимых моделей ИИ, которые будут более прозрачными и безопасными.

Одной из ключевых тенденций станет внедрение квантовых вычислений в ИСУ. Квантовые компьютеры обладают огромным потенциалом для ускорения вычислений и решения задач оптимизации, которые являются критически важными для сложных систем управления.

Кроме того, ожидается рост популярности распределенных систем управления на основе блокчейна. Эти системы обеспечивают высокий уровень надежности и прозрачности благодаря децентрализованной структуре.

## Примеры внедрения интеллектуальных систем управления в различных отраслях

Интеллектуальные системы управления уже активно применяются в самых разных сферах, демонстрируя свою эффективность и потенциал для дальнейшего развития. Рассмотрим примеры использования ИСУ в ключевых отраслях [2].

### 1. Промышленность и производство

В производственном секторе ИСУ играют ключевую роль в повышении эффективности, снижении затрат и улучшении качества продукции [10].

Применение включает:

– Предиктивное обслуживание оборудования: системы на основе искусственного интеллекта анализируют данные с датчиков и предсказывают поломки оборудования. Это позволяет минимизировать простой и затраты на ремонт. Например, такие технологии используют компании Siemens и General Electric.

– Умные производственные линии: Роботизированные системы, оснащенные ИИ, адаптируются к изменяющимся условиям производства. Они способны автоматически перенастраивать параметры работы для повышения производительности.

– Контроль качества продукции: Использование компьютерного зрения для анализа дефектов на этапах сборки или упаковки. Камеры высокого разрешения и алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять мельчайшие отклонения от норм.

Пример: Заводы Tesla активно используют ИСУ для автоматизации процессов сборки автомобилей, включая применение роботов, которые работают в координации с ИИ для повышения точности.

### 2. Транспорт и логистика

---

В транспортной отрасли ИСУ используются для оптимизации маршрутов, управления движением транспорта и повышения безопасности.

Примеры:

– Беспилотные автомобили: Автономные транспортные средства, такие как автомобили Tesla с системой Autopilot, используют данные с камер, радаров и лидаров для принятия решений в реальном времени.

– Оптимизация логистических цепочек: Алгоритмы ИИ анализируют данные о спросе, загруженности дорог и состоянии транспорта для выбора наиболее эффективных маршрутов доставки. Компании, такие как Amazon и DHL, активно применяют такие системы.

– Интеллектуальные транспортные системы (ITS): Управление дорожным движением с помощью анализа данных с камер наблюдения и датчиков трафика. Это позволяет регулировать работу светофоров, предотвращать пробки и улучшать транспортную доступность.

Пример: В Сингапуре внедрена интеллектуальная система управления дорожным движением, которая использует данные IoT для динамического регулирования трафика.

### 3. Энергетика

ИСУ играют важную роль в управлении энергоресурсами, особенно в условиях перехода к возобновляемым источникам энергии. Основные направления:

– "Умные" энергосети (Smart Grid): Системы управления распределением электроэнергии, которые используют данные с умных счетчиков для балансировки нагрузки и предотвращения аварий.

– Оптимизация потребления энергии: Прогнозирование пиковых нагрузок и автоматическое регулирование энергопотребления в зданиях и предприятиях.



– Возобновляемая энергетика: Управление солнечными и ветровыми электростанциями с учетом прогнозов погоды и текущего спроса на электроэнергию.

Пример: Компания Enel Green Power использует ИСУ для управления своей сетью солнечных и ветровых электростанций по всему миру, что позволяет максимально эффективно использовать возобновляемые ресурсы.

#### 4. Здравоохранение

В медицине ИСУ помогают улучшить диагностику, лечение пациентов и управление медицинскими учреждениями. Примеры применения:

– Диагностика заболеваний: Алгоритмы машинного обучения анализируют медицинские изображения (например, рентгеновские снимки или МРТ) для выявления патологий на ранних стадиях. Например, системы Google Health показывают высокую точность в диагностике рака груди.

– Персонализированное лечение: Использование данных о генетике пациента и его истории болезни для подбора оптимального лечения.

– Управление больницами: Оптимизация расписания врачей, управление запасами лекарств и координация работы отделений с помощью ИСУ.

Пример: IBM Watson Health — одна из самых известных систем, использующих искусственный интеллект для анализа медицинских данных и поддержки врачей в принятии решений.

#### 5. Финансы

Финансовый сектор активно внедряет ИСУ для улучшения обслуживания клиентов, предотвращения мошенничества и автоматизации процессов. Основные направления:

– Анализ рисков: Прогнозирование вероятности дефолта заемщиков или изменения рыночных условий с помощью алгоритмов машинного обучения.

---

– Борьба с мошенничеством: Системы на основе ИИ анализируют транзакции в реальном времени для выявления подозрительных операций.

– Чат-боты и виртуальные ассистенты: Автоматизация взаимодействия с клиентами через голосовые помощники и чат-боты. Например, банки используют такие системы для ответа на вопросы клиентов о состоянии счета или кредитных продуктах.

Пример: Платёжная система PayPal применяет ИСУ для анализа транзакций своих пользователей и предотвращения финансового мошенничества.

#### 6. Сельское хозяйство

В аграрной отрасли ИСУ помогают повысить урожайность, снизить затраты на ресурсы и минимизировать влияние на окружающую среду [11].

Основные применения:

– Точное земледелие: Использование дронов и спутниковых данных для мониторинга состояния полей. Это позволяет определять участки с недостатком влаги или питательных веществ.

– Автономная техника: Тракторы и комбайны с системами ИИ могут работать без участия человека, повышая производительность.

– Прогнозирование урожайности: Анализ погодных условий, состояния почвы и других факторов для прогнозирования объемов урожая.

Пример: John Deere разрабатывает интеллектуальную сельскохозяйственную технику, оснащенную датчиками и системами машинного обучения.

### **Вызовы и перспективы**

Несмотря на значительные успехи в развитии ИСУ, существует ряд вызовов:

1. Интерпретируемость моделей – сложность объяснения решений, принимаемых глубокими нейронными сетями.
2. Безопасность данных – необходимость защиты информации от несанкционированного доступа.
3. Этические аспекты – вопросы ответственности за решения, принятые ИСУ.

Также, несмотря на очевидные преимущества интеллектуальных систем управления, их внедрение сопровождается рядом технологических вызовов:

1. Обработка огромных объемов данных: Современные системы генерируют терабайты информации ежедневно. Для эффективной обработки необходимы мощные вычислительные ресурсы и продвинутые алгоритмы.
2. Интеграция со старыми системами: Многие предприятия используют устаревшее оборудование или программное обеспечение, что затрудняет интеграцию новых технологий.
3. Повышение требований к кибербезопасности: С увеличением числа подключенных устройств возрастает риск кибератак. Защита данных становится приоритетной задачей.

Тем не менее, перспективы развития ИСУ остаются многообещающими. Ожидается дальнейшее развитие методов объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI) и интеграция квантовых вычислений для повышения производительности систем.

### **Заключение**

Подводя итог вышесказанному, можно с уверенностью утверждать, что современные сервисы, программные, аппаратные и программно-аппаратные комплексы, а также другие технические и технологические решения, относящиеся к области интеллектуальных систем управления, позволяют использовать их практически в любой области деятельности будь то

строительная отрасль, задачи моделирования (в том числе математического), педагогическая и множество других.

Интеллектуальные системы управления представляют собой мощный инструмент для автоматизации сложных процессов принятия решений. Современные средства разработки ИСУ, такие как нейронные сети, IoT, облачные технологии и киберфизические системы, открывают новые возможности для повышения эффективности в различных отраслях.

Однако успешное внедрение ИСУ требует решения ряда технических, этических и правовых проблем. В будущем развитие технологий объяснимого искусственного интеллекта, квантовых вычислений и блокчейна позволит преодолеть эти вызовы и вывести интеллектуальные системы управления на новый уровень.

### Литература

1. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521(7553). – pp. 436–444.
2. Азадов, Г., Азадов, Б., Байджанова, Г. Интеллектуальные системы управления в производстве: применение и перспективы // Вестник науки. – 2024. – № 10(79). – URL: [cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-upravleniya-v-proizvodstve-primenenie-i-perspektivy](http://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-upravleniya-v-proizvodstve-primenenie-i-perspektivy) (дата обращения: 10.10.2024).
3. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. The Internet of Things: A survey // Computer Networks. – 2010. – Vol. 54. – Issue 15. – pp. 2787–2805.
4. Lee, E.A., Seshia, S.A. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach. – MIT Press, 2017. – 564 p.
5. Зайцева, Е.Н. Интеллектуальные системы управления: их классификация и этапы проектирования // Научные исследования: теория, методика и практика : сборник материалов Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 21 мая 2017 года / Под

- ред.: Е.Н Зайцева.– Чебоксары: ООО "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2017.– С .299–301.
6. Silver, D., Huang, A., Maddison, C.J., et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search // Nature. – 2016. – Vol. 529(7587). – pp. 484–489.
  7. Тимохин, М. Ю., Шаранин, В. Ю. Искусственный интеллект и теория принятия решений: современные тенденции // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 10. – URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD4610timokhinsharanin.pdf2a5ac81c97.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD4610timokhinsharanin.pdf2a5ac81c97.pdf) (дата обращения: 21.11.2024). EDN LFQXHB.
  8. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., et al. Internet of Things for Smart Cities // IEEE Internet of Things Journal. – 2014. – Vol. 1(1). – pp. 22–32.
  9. Microsoft Azure AI Documentation – URL: [azure.microsoft.com/](https://azure.microsoft.com/) (дата обращения: 15.11.2024).
  10. Богуславский, А. А., Боровин, Г. К., Карташев, В. А., Павловский, В. Е., Соколов, С. М. Модели и алгоритмы для интеллектуальных систем управления. – М.: ИПИМ им. М. В. Келдыша, 2019. – 228 с. – URL: [keldysh.ru/e-biblio/boguslav/index.pdf](http://keldysh.ru/e-biblio/boguslav/index.pdf) (дата обращения: 12.11.2024).
  11. Грачев, В. М., Грачева, Н. В. Технология интернет вещей и перспективы ее внедрения в растениеводстве // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 2. – URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD791y24grachevgracheva.pdf6a3da63ba4.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD791y24grachevgracheva.pdf6a3da63ba4.pdf) (дата обращения: 20.10.2024). EDN MCIWXD.

### References

1. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. Deep Nature. 2015. Vol. 521(7553). pp. 436–444.
  2. Azadov, G., Azadov, B., Vestnik nauki. 2024. № 10(79). URL: [cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-upravleniya-v-proizvodstve-primenenie-i-perspektivy](https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-upravleniya-v-proizvodstve-primenenie-i-perspektivy) (10.10.2024).
-

3. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. The Internet of Things: A survey Computer Networks. 2010. Vol. 54. Issue 15. pp. 2787–2805.
4. Lee, E.A., Seshia, S.A. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach. MIT Press, 2017. 564 p.
5. Zajceva, E.N Nauchnye issledovaniya: teoriya, metodika i praktika: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, 21 may 2017 E.N Zajceva. Cheboksary: OOO "Centr nauchnogo sotrudnichestva "Interaktiv pljus", 2017. Pp.299–301.
6. Silver, D., Huang, A., Maddison, C.J., et al. Nature. – 2016. Vol. 529(7587). pp. 484–489.
7. Timohin, M. Ju., Sharanin, V. Ju. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 10. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD4610timokhinsharanin.pdf2a5ac81c97.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD4610timokhinsharanin.pdf2a5ac81c97.pdf) (21.11.2024). EDN LFXQXHB.
8. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., et al. IEEE Internet of Things Journal. 2014. Vol. 1(1). pp. 22–32.
9. Microsoft Azure AI Documentation URL: [azure.microsoft.com/](https://azure.microsoft.com/) (15.11.2024).
10. Boguslavskij, A. A., Borovin, G. K., Kartashev, V. A., Pavlovskij, V. E., Sokolov, S. M. Modeli i algoritmy dlja intellektual'nyh sistem upravlenija [Models and algorithms for intellectuals control systems]. M.: IPM im. M. V. Keldysha, 2019. 228 p. URL: [keldysh.ru/e-biblio/boguslav/index.pdf](http://keldysh.ru/e-biblio/boguslav/index.pdf) (12.11.2024).
11. Grachev, V. M., Gracheva, N. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 2. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD791y24grachevGracheva.pdf6a3da63ba4.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD791y24grachevGracheva.pdf6a3da63ba4.pdf) (20.10.2024). EDN MCIWXD.

**Дата поступления: 26.11.2024**

**Дата публикации: 4.01.2025**

---