

УДК 004.8:623.76

ВИДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

В.В. СИМОНЧИК, Д.С. ШАРАК, Д.В. СВИРИДО

Военная академия Республики Беларусь

(г. Минск, Беларусь)

1072 Центральный командный пункт ВВС и войск ПВО

(г. Минск, Беларусь)

E-mail: victory-simonchick@mail.ru

Аннотация. В работе представлена классификация видов искусственного интеллекта (далее – ИИ), пригодных для использования в автоматизированных системах управления (далее – АСУ) Военно – воздушных Сил и войск противовоздушной обороны (далее – ВВС и войск ПВО) [1, 2]. Рассмотрены шесть категорий ИИ: компьютерное зрение, обработка естественного языка, экспертные системы, планировщики, машинное обучение и робототехника [3]. Для каждой категории указаны примеры применения в ВВС и войсках ПВО и оценена их значимость для повышения живучести информационного обмена с огневыми подразделениями. Наиболее перспективными признаны методы машинного обучения (LSTM, Random Forest, обучение с подкреплением), которые могут быть реализованы на шлюзовых серверах КСА семейства БОР. Результаты могут быть использованы при модернизации АСУ ВВС и войск ПВО Республики Беларусь.

Abstract. The paper presents a classification of types of artificial intelligence suitable for use in automated control systems of the Air Force and Air Defense. Six categories of AI are considered: computer vision, natural language processing, expert systems, planners, machine learning, and robotics. For each category, examples of applications in the AF and AD are provided, and their significance for enhancing the survivability of information exchange with combat units is assessed. The most promising methods are recognized as machine learning techniques (LSTM, Random Forest, reinforcement learning), which can be implemented on the gateway servers of the ACS (BOR). The results can be used in the modernization of ACS of the AF and AD of the Republic of Belarus.

Введение

Современные АСУ ВВС и войск ПВО сталкиваются с необходимостью обработки больших объемов информации от разнородных источников: радиолокационных станций (далее – РЛС), беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА), искусственных спутников Земли (далее – ИСЗ) постов визуального наблюдения. Традиционные алгоритмы не всегда справляются с этой задачей из-за неполноты, противоречивости и искажения данных, особенно в условиях активного радиоэлектронного противодействия (далее – РЭБ) противника [1, 2].

Концепция объединенного общедоменного командования и управления (JADC2), разрабатываемая Министерством обороны США, предполагает широкое использование методов ИИ для автоматизации процессов сбора, обработки, передачи и отображения информации, а также для поддержки принятия решений [3]. В Вооруженных Силах Республики Беларусь также ведется работа по внедрению ИИ в системы управления войсками, однако отсутствует систематизированное представление о том, какие именно виды ИИ наиболее применимы для решения задач родами войск ПВО.

Цель работы – систематизация видов ИИ, пригодных для использования в АСУ ВВС и войск ПВО, и оценка их применимости для повышения живучести информационного обмена с огневыми подразделениями (зенитными ракетными дивизионами, батареями, взводами, отделениями).

Классификация методов искусственного интеллекта

В зарубежных и отечественных источниках выделяют шесть основных категорий ИИ, которые могут быть использованы в военной сфере [1, 2, 3]. Ниже представлено их описание и примеры применения в ПВО.

1. Компьютерное зрение (Computer Vision, CV). Компьютерное зрение включает методы обнаружения, классификации и сопровождения объектов по визуальным изображениям (видео, фотографии, тепловизионные снимки) [4]. В ВВС и войсках ПВО эта категория применяется для:

– обработки видеоизображений с БЛА-разведчиков (распознавание типов воздушных целей, определение координат);

– анализа спутниковых снимков для выявления позиций ЗРК противника;

– подтверждения радиолокационных данных визуальными средствами (оптические станции слежения).

Секция 3 «Цифровая обработка сигналов и машинное обучение»

Компьютерное зрение особенно эффективно в ближней зоне ПВО (до 10 – 15 км), где радиолокационные средства могут быть подавлены помехами. Пример реализации – система Project Maven (США), где алгоритмы CV используются для анализа видео с БЛА [5].

2. Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP). NLP занимается анализом и генерацией текстовой и речевой информации [4]. В ВВС и войсках ПВО эта категория может быть использована для:

- извлечения структурированной информации из текстовых донесений (например, из сводок постов визуального наблюдения);
- автоматической генерации формализованных сообщений (докладов о воздушной обстановке);
- распознавания голосовых команд в системах голосового управления элементами АСУ.

В перспективе NLP может применяться для анализа перехваченных переговоров противника (совместно с CV и ML) [2].

3. Экспертные системы (Expert Systems, ES). Экспертные системы хранят формализованные знания экспертов в виде базы правил [4]. Они используются для выработки рекомендаций в типовых ситуациях. В ВВС и войсках ПВО экспертные системы могут применяться для:

- выбора варианта действий командира в типовых тактических ситуациях (угроза с разных направлений, тип цели, наличие резервов);
- классификации целей по степени опасности на основе накопленных знаний;
- диагностики неисправностей в КСА и выдачи рекомендаций по восстановлению.

Преимущество экспертных систем – прозрачность решений (каждое решение может быть объяснено через цепочку правил). Недостаток – сложность формализации знаний в нестандартных ситуациях [1].

4. Планировщики (Planners). Планировщики решают задачи распределения ресурсами построения последовательности действий для достижения цели [4]. В ВВС и войсках ПВО планировщики могут быть использованы для:

- сопряжения различных воздушных, наземных и кибернетических средств против целей (построение так называемой «сети поражения» – kill-web) [3];
- построения поэтапного плана подавления ПВО противника (очередность вскрытия, подавления, уничтожения ЗРК);
- распределения зенитных ракетных дивизионов по направлениям и высотам с учетом их зон поражения.

Планировщики используют алгоритмы поиска на графах состояний (A, D, любое) или методы удовлетворения ограничений (Constraint Satisfaction Problems, CSP) [1].

5. Машинное обучение (Machine Learning, ML). Машинное обучение включает методы, позволяющие системе обучаться на данных без явного программирования правил [4]. В ВВС и войсках ПВО наиболее актуальны следующие подкатегории:

Обучение по примерам (supervised learning):

- классификация (Random Forest, градиентный бустинг, SVM) – для фильтрации ложных радиолокационных целей, распознавания типов целей по радиолокационным признакам. Точность фильтрации достигает 90–95%, снижение числа ложных треков – на 25–30% [2];
- регрессия – для прогнозирования параметров движения целей (координаты, скорость, ускорение) на основе неполных данных.

Обучение с подкреплением (reinforcement learning):

- для адаптивного управления сетью на основе намерений (IBN) – выбор оптимальных маршрутов, переключение на резервные КП, балансировка нагрузки;
- для управления роями БЛА при отражении массированного налета.

Глубокое обучение (deep learning):

1 LSTM – для прогнозирования отказов оборудования (коммутаторов, серверов, каналов связи) на основе анализа временных рядов телеметрии. Точность прогноза $\geq 85\%$, время упреждения 15–30 секунд, что позволяет сократить время потери связи с 10–30 секунд до 0–2 секунд [5].

2 Сверточные нейросети (CNN) – для обработки радиолокационных изображений (распознавание целей на фоне помех) [1].

6. Робототехника (Robotics). Робототехника комбинирует методы CV, NLP, ES, планировщиков ML для автономного функционирования физических систем [3]. В ВВС и войсках ПВО наиболее актуально:

- управление роями БЛА-камикадзе и дронов-ретрансляторов;
- автономная работа наземных роботизированных средств разведки и поражения (в перспективе);
- использование дронов для проверки сигналов РЛС (ложные цели для вскрытия позиций ЗРК противника) [2].

Применимость методов МО для повышения живучести информационного обмена

В контексте повышения живучести информационного обмена с огневыми подразделениями (зенитными ракетными дивизионами) наиболее актуальны следующие методы [1,2,5]:

Таблица 1. Методы МО

Метод	Задача	Эффект
LSTM	Прогнозирование отказов шлюзовых серверов и каналов связи	Сокращение времени потери связи с 10–30 с до 0–2 с
Random Forest / градиентный бустинг	Фильтрация ложных целей	Повышение достоверности информации на 25–30%
Обучение с подкреплением	Адаптивная балансировка нагрузки между резервными КП	Повышение пропускной способности на 25–35%
Планировщики	Автоматическое целераспределение	Сокращение цикла «обнаружение-поражение» с 3–5 мин до 1,5–2 мин
Экспертные системы	Диагностика неисправностей КСА	Сокращение времени восстановления системы управления

Наиболее эффективным является комплексное применение нескольких методов (например, LSTM + Random Forest + обучение с подкреплением), что обеспечивает синергетический эффект и соответствует требованиям УНОС (устойчивость, непрерывность, оперативность, скрытность) [1,2].

противника).

Интеграция в архитектуру КСА семейства БОР

Предлагаемые методы ИИ могут быть реализованы на шлюзовых серверах, которые интегрируют существующие КСА семейства БОР в датацентрическую архитектуру. Шлюзовые серверы:

- собирают телеметрию (для LSTM);
- выполняют фильтрацию данных (для Random Forest);
- взаимодействуют с IBN-контроллером (для обучения с подкреплением) [5].

Такая архитектура позволяет внедрить ИИ без замены существующего оборудования, что снижает затраты на модернизацию [2].

Заключение

В работе представлена классификация методов искусственного интеллекта, пригодных для использования в АСУ ВВС и войск ПВО [1, 2, 3]. Выделены шесть категорий: компьютерное зрение, обработка естественного языка, экспертные системы, планировщики, машинное обучение и робототехника. Для каждой категории приведены примеры применения в ПВО.

Наиболее перспективными для повышения живучести информационного обмена с огневыми подразделениями признаны методы машинного обучения: LSTM (прогнозирование отказов), Random Forest (фильтрация ложных целей) и обучение с подкреплением (адаптивная балансировка нагрузки). Эти методы могут быть реализованы на шлюзовых серверах КСА семейства БОР без замены существующего оборудования [5].

Дальнейшие исследования направлены на адаптацию методов под реальные данные в КСА семейства БОР; на интеграцию LSTM с IBN-контроллером для упреждающего перестроения маршрутов; создание комплексной системы управления информационным обменом, объединяющей классификацию, прогнозирование и балансировку.

Список использованных источников

1. Барабанов И.Н., Котов В.В. Методы оценки живучести сетей связи военного назначения // Телекоммуникации. – 2015. – № 8. – С. 2–8.
2. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетцентрических войнах начала XXI века. – СПб.: Научное издание, 2017. – 546 с.
3. Department of Defense. JADC2 Strategy Summary. – 2022. – 15 p.
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2020. – 1168 p.
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.