



УДК 623.618  
ГРНТИ 78.19.01

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦЕЛЯХ ПЛАНИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ГРУППИРОВКИ АВИАЦИИ

*А.В. ОЗЕРОВ*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В данной статье рассматриваются требования, предъявляемые современными войнами к планированию боевых действий группировки авиации. Отмечаются ограничения существующего математического аппарата, используемого в системах планирования в настоящее время, которые препятствуют достижению современных требований. Предлагается использовать технологию искусственных нейронных сетей в задачах планирования для снятия ограничений, накладываемых существующим математическим аппаратом на качество планирования. Рассматриваются свойства искусственных нейронных сетей, использование которых способствует соответствию качества планирования современным требованиям. Приводится пример решения одной из задач планирования с применением нейросетевого алгоритма.

*Ключевые слова:* группировка авиации, планирование, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, вооруженная борьба.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES APPLICATION FOR THE AVIATION GROUPING COMBAT ACTIONS PLANNING.

*A.V. OZEROV*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

This article discusses the requirements of modern wars to the planning of military operations of aviation groups. the limitations of the existing mathematical apparatus used in planning systems at the present time, which prevent the achievement of modern requirements, are noted. It is proposed to use the technology of artificial neural networks in planning tasks to remove the restrictions imposed by the existing mathematical apparatus on the quality of planning. The properties of artificial neural networks, the use of which contributes to the compliance of the quality of planning with modern requirements, are considered. An example of solving one of the planning problems using a neural network algorithm is given.

*Keywords:* aviation grouping, planning, artificial intelligence, artificial neural networks, militant action.

**Введение.** В настоящее время с развитием вооружения и военной техники, форм и способов вооруженной борьбы, а также с возникновением войн нового типа, когда нет сплошной линии фронта и сочетаются как классические боевые действия, так и действия иррегулярных вооруженных формирований и частных военных компаний, предъявляются новые требования к планированию боевых действий группировки авиации. В условиях партизанской войны необходимо своевременно реагировать на непредсказуемые изменения обстановки. При этом в условиях отсутствия полной и достоверной информации о противнике для достижения цели боевых действий необходимо не только быстро реагировать на возникшие угрозы, но и осуществлять многовариантное планирование и прогнозирование развития оперативно-тактической обстановки на основе учета и анализа большого количества факторов в очень короткие сроки для



полной реализации потенциальных возможностей авиации и рационального использования имеющиеся ресурсы.

**Актуальность.** В современных условиях на качество планирования боевых действий группировки авиации все большее влияние оказывают такие факторы, как неполнота и противоречивость информации об обстановке, непредсказуемость ее изменения, а также появление новых форм и способов ведения военных действий.

В большинстве случаев неполнота информации об оперативно-тактической обстановке и ее противоречивость не позволяет качественно спланировать применение авиации так как методики планирования как правило требуют точных и полных данных о состоянии противника, а в случае противоречивой информации необходимо рассматривать множество вариантов развития событий и учитывать влияние большого количества факторов для выбора оптимального плана действий. Однако в условиях динамично развивающейся обстановки такое планирование необходимо производить в режиме времени близком к реальному, что даже с современным развитием вычислительной техники трудно реализуемо на практике.

Применение противником нестандартных форм и способов вооруженной борьбы приводит к тому, что модели, на основе которых осуществляется планирование могут стать непригодными в новых условиях и потребуют уточнения в соответствии с реальной обстановкой. Необходимо также отметить, что война – это специфический род деятельности человека, где на первые роли зачастую выходят не тактико-технические характеристики вооружения, а психофизиологическое состояние человека и его подготовка. И для авиации данное обстоятельство будет играть решающую роль, т.к. она решает задачи в среде, не предназначенной для человека, как правило над территорией противника в условиях противодействия зенитно-ракетных средств, истребительной авиации, в условиях применения противником радиоэлектронных помех. Следовательно, методики планирования, разработанные в мирное время должны быть легко адаптируемы к реальному ходу боевых действий.

Выполнение указанных выше требований, предъявляемых современными войнами, существующими алгоритмическими системами, основанными на классических математических методах (статистики, исследования операций, теории игр) наталкивается на ряд трудностей и ограничений, такими как: невозможность полного математического описания противоборствующих систем, «проклятие размерности» и т.п. [1]. Использование жестких алгоритмов планирования, предполагающих регламентированную постановку задачи и пошаговый процесс получения результатов может оказаться малоэффективным, так как предполагает обработку, как правило точных, полных, определенных и достоверных численных данных.

В связи с ограниченностью применения стандартных математических методов для учета современных требований, при проведении исследований в данной области все чаще приходят к необходимости использования элементов теории искусственного интеллекта, которые должны обеспечить планирование в условиях неопределенности, на основе разнородной, иногда противоречивой информации, часто меняющейся обстановки, способности к самообучаемости и адаптивности как способности системы самостоятельно совершенствовать заложенное в нее программное обеспечение, в том числе осуществлять самопрограммирование в ситуациях, реакция на которые алгоритмически не предусмотрена [2].

Для решения задач планирования боевых действий группировки авиации особый интерес представляет одна из областей теории искусственного интеллекта – технология искусственных нейронных сетей.

Данные технологии, в настоящее время уже применяются во многих областях, таких как медицина, экономика, связь, радиолокация, сельское хозяйство и др. Находят применение данные технологии и в военной сфере. Так система искусственного интеллекта Alpha в 2016 году одержала победу над летчиком-асом американской армии в виртуальном воздушном бою. Данная система побеждала даже в тех случаях, когда пилот использовал самолет с более совершенными характеристиками или когда ей противостояли два пилота [3].



Система искусственного интеллекта под названием AlphaGo компании Deepmind (Google), одержала победу над лучшими игроками по игре в Го [4], которая считается сложнее шахмат, так как количество ходов в каждый момент игры 250 против 35. В отличие от компьютера Deep Blue фирмы IBM выигравшего у Каспарова в шахматы, AlphaGo не перебирал и анализировал все возможные варианты ходов и выбирал лучшие, а использовал глубокие нейронные сети и метод глубокого обучения. Играя сам с собой тысячи матчей, он научился оценивать вероятность победы при каждом ходе и разрабатывать новые стратегии.

Применение технологии искусственных нейронных сетей (ИНС) в целях решения задач планирования боевых действий авиации, в отличие от известных алгоритмических методик, позволит соответствовать современным требованиям благодаря тому, что они являются мощным средством параллельной обработки данных и обладают свойствами, позволяющими решать задачи, которые алгоритмическими системами решить трудно или вообще невозможно.

Одним из основных свойств ИНС является способность к обучению, то есть нейронные сети способны менять свою внутреннюю модель в зависимости от состояния окружающей их среды. Изменение внутренней модели может происходить как с участием человека, так и самостоятельно для обеспечения правильной реакции для достижения поставленной цели. Данное свойство позволяет строить модели противоборствующих систем и окружающей среды, не имея их полного описания на основе эмпирических и расчетных данных с последующим уточнением этих моделей по результатам боевых действий. Следовательно, системы планирования, основанные на технологии искусственных нейронных сетей, позволят планировать боевые действия группировки авиации в условиях неполной информации о противнике, а также гибко реагировать на изменения характера вооруженной борьбы.

Следующим важным свойством нейронных сетей является их помехозащищенность. Обученная сеть может быть устойчивой к некоторым отклонениям входных данных, что позволяет ей выделять полезный сигнал, содержащий различные помехи и искажения. Это свойство позволяет преодолеть требование строгой точности присущее алгоритмическим системам, и позволит планировать боевые действия в условиях неточной или противоречивой информации об оперативно-тактической обстановке.

Еще одним свойством нейросетей является способность в короткие сроки решать задачи многокритериальной оптимизации практически не зависимо от размерности параметров. Это позволит практически в режиме реального времени распределять силы и средства по задачам и объектам, учитывая множество критериев и ограничений независимо от размерности матрицы распределения. Данное свойство нейронных сетей позволит осуществлять динамическое планирование практически в реальном режиме времени без потери обоснованности, а иногда и с ее повышением.

Применение нейросетевых технологий позволяет реализовать рациональное многошаговое планирование с большим числом переменных и временных шагов. Применение данного математического аппарата позволит осуществлять планирование боевых действий не только на основе текущей обстановки, но и с учетом прогнозируемого развития оперативно-тактической обстановки и тактики действий противника.

Говоря о полезных свойствах нейросетей необходимо отметить недостатки, которые могут сопровождать применение этой технологии.

Во-первых, с применением ИНС трудно добиться оптимальных результатов. Как правило, говоря о нейросетевой оптимизации, предполагают получение рационального результата. Это связано с тем, что работа нейросети может остановиться, достигнув локального минимума оптимизируемой функции, а не глобального. Для исключения данного недостатка для каждого вида нейронных сетей разработаны свои алгоритмы обхода локальных минимумов, и они постоянно совершенствуются. Вместе с тем, во многих задачах планирования боевых действий зачастую нет необходимости добиваться оптимального значения, достаточно какого-либо рационального значения.



Во-вторых, разработка нейросетевых приложений все еще остается искусством, и во многих случаях нет строгих рекомендаций по построению ИНС и интуиция разработчика играет в этом решающую роль.

Рассмотрим применение известных нейросетевых технологий на примере распределительной задачи, которая часто используется при планировании, например, при распределении авиации по объектам поражения.

Допустим, дан вектор спроса  $A_i (i = \overline{1, m})$  и вектор предложения  $B_j (j = \overline{1, n})$ . Необходимо найти оптимальное распределение ресурсов по задачам таким образом, чтобы максимизировать целевую функцию  $U(s)$  и минимизировать целевую функцию  $P(s)$ :

$$\begin{aligned} U(s) &\rightarrow \min, \\ P(s) &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (1)$$

при заданных ограничениях, таких как значение какой-либо функции для определенной задачи или ресурса не должно превышать или быть меньше заданного значения. Также на задачу распределения будут накладываться ограничения исходя из смысла поставленной задачи, например, не должно быть задач, на которые не распределено ресурсов и т.п.

Таким образом решением распределительной задачи будет матрица распределения  $S_{ij} (i = \overline{1, m}); (j = \overline{1, n})$  при решении следующих условий:

$$\begin{aligned} U(s) &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij} s_{ij} \rightarrow \min; \\ P(s) &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} s_{ij} \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (2)$$

Дополнительные ограничения, например, значение какой-либо функции для определенной задачи или ресурса не должно превышать или быть меньше какого-либо заданного значения:

$$\sum_{j=1}^n u_{ij} s_{ij} \leq U_{задj}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m p_{ij} s_{ij} \geq P_{зади}. \quad (4)$$

Ограничениями также будут условия исходя из смысла поставленной задачи, например, не должно быть задач, на которые не распределено ресурсов и т.п. В таком случае ограничение может выглядеть следующим образом:

$$\sum_i \sum_j \sum_{y \neq j} s_{ji} s_{yi} \neq 0. \quad (5)$$

Решением данной задачи будет матрица распределения  $S_{ij} (i = \overline{1, m}); (j = \overline{1, n})$ .



$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Элементами матрицы будут значения 0 и 1. Если  $j$ -й ресурс распределяется на  $i$ -ю задачу, то  $s_{ij} = 1$ , в противном случае  $s_{ij} = 0$ .

Для решения данной задачи используем нейронную сеть Хопфилда размерности  $N$ , имеющую  $m \times n$  нейронов, где каждому нейрону ставится в соответствие элемент матрицы  $s_{ij}$  и алгоритм использования нейронных сетей для распределения каналов в сотовых радиосетях, описанный в [5].

Для работы этого алгоритма необходимо найти уравнение движения  $i$ -го нейрона для условий (1) – (5), т.е. функцию которая должна убывать при соблюдении данных условий. Уравнение движения будет содержать целевые функции, а также ограничения, записанные в виде целевых функций, а строгость соблюдения каждой из функций будет определяться множителями Лагранжа. Такое уравнение будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dV_i}{dt} = & A \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij} s_{ij} - B \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} s_{ij} + C \sum_{i=1}^m \left( \sum_{i=1}^n u_{ij} s_{ij} \right) - P_{zadi} \left| + \right. \\ & \left. + D \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n p_{ij} s_{ij} \right) - P_{zadi} \right| + E \sum_i \sum_j \sum_{y \neq j} s_{ji} s_{yi}. \end{aligned} \quad (7)$$

Если элементы матрицы распределения соответствуют нейронам сети Хопфилда мы получим, что первый член вынуждает сеть стремиться к устойчивому состоянию с минимальным значением  $U$ , второй – с максимальным  $P$ , третий и четвертый члены вынуждают сеть принимать заданные значения равные  $U_{zadj}$  и  $P_{zadi}$ , пятый член вынуждает сеть не иметь пустых строк в матрице распределения, то есть не должно быть задач на которые не распределены ресурсы. Коэффициенты  $A, B, C, D, E$  подбираются эмпирическим путем для достижения требуемых условий.

Программная реализация для данных условий позволяет сделать вывод о работоспособности данного алгоритма, причем в некоторых случаях для небольших матриц находились оптимальные значения распределения. Однако для различных параметров матриц распределения необходимо подбирать свои коэффициенты  $A, B, C, D, E$  эмпирическим путем, а также необходимо устанавливать ограничения входов нейронов для ускорения сходимости данного алгоритма.

Мы рассмотрели применение нейронных сетей только лишь для одной из задач из всего их многообразия, применяемого для планирования боевых действий группировки авиации. Вместе с тем применение нейросетевых технологий позволяет решать еще многие нетривиальные задачи. С помощью того же типа нейросетей возможно определять рациональные маршруты полета авиации к объектам удара, полосы прорыва ПВО противника, и все эти задачи можно решать практически в реальном режиме времени. Кроме того, существует еще множество видов архитектур нейронных сетей, которые могут использоваться при планировании, например, для многошагового планирования с учетом множества параметров.

**Выводы.** Таким образом, применение для задач планирования технологий искусственных нейронных сетей способно обогатить классический математический аппарат и позволит обойти некоторые ограничения, накладываемые на обычные алгоритмические системы.

С помощью данных технологий возможно строить самообучающиеся системы, которые будут обучаться с помощью моделирования, а также по результатам учений и в дальнейшем в со-





ответствии с ходом и исходом боевых действий. Для этих систем недостаточная или противоречивая информация об оперативно-тактической обстановке не будет помехой для качественного планирования.

Данная технология, разработанная в 60-е годы XX века, сейчас получает второе дыхание и используется во многих областях, в том числе и в военном деле. По исследованиям компании *marketsandmarkets* размеры мирового рынка технологий искусственного интеллекта, используемого в военных целях в 2017 году составили 6,2 млрд. долларов, а ежегодный рост рынка будет 14,7 % в год [3].

Следовательно, чтобы не отстать от других развитых стран в военном отношении необходимо исследовать вопросы применения нейросетевых технологий не только для повышения качества планирования, но и для других задач военного содержания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белман Р. Динамическое программирование. М.: ИЛ, 1960.
2. В.М. Буренок Убить интеллектом // Военно-промышленный курьер. 2017. № 37 (701), С. 1–4.
3. Искусственный интеллект в ВПК // Режим доступа: [https:// www.tadviser.ru/index.php](https://www.tadviser.ru/index.php) Статья: Искусственный интеллект в ВПК (дата обращения 15.10.2018).
4. Российское информационное агентство // Режим доступа: <https://ria.ru/science/20160127/1366087868.html> (дата обращения 23.10.2018).
5. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 94 с.

## REFERENCES

1. Belman R. Dinamicheskoe programmirovaniye. M.: IL, 1960.
2. V.M. Burenok Ubit' intellektom // Voенno-promyshlennyy kur'er. 2017. № 37 (701), pp. 1–4.
3. Iskusstvennyj intellekt v VPK // Rezhim dostupa: [https:// www.tadviser.ru/index.php/](https://www.tadviser.ru/index.php/) Stat'ya: Iskusstvennyj intellekt v VPK (data obrascheniya 15.10.2018).
4. Rossijskoe informacionnoe agentstvo // Rezhim dostupa: <https://ria.ru/science/20160127/1366087868.html> (data obrascheniya 23.10.2018).
5. Komashinskij V.I., Smirnov D.A. Nejrornyie seti i ih primeneniye v sistemah upravleniya i svyazi. M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2003. 94 p.

© Озеров А.В., 2019

Озеров Алексей Викторович, преподаватель 200 кафедры оперативного искусства, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессор Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, [ozarov.av.@mail.ru](mailto:ozarov.av.@mail.ru).