

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ННН-РЫБОЛОВСТВА И ПИРАТСТВА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Костромин Н.С., Сивова А.Н.

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия

✉ dskostromin@gmail.com; sivovaalex@gmail.com

В данной статье рассматриваются перспективы применения нейронных сетей для решения проблем ННН-рыболовства (незаконного, неподотчетного и неконтролируемого рыболовства) и пиратства в Арктической зоне Российской Федерации. Производится краткий обзор уже реализованных подобных зарубежных приложений (Global Fishing Watch). Особое внимание акцентируется на том, что использование искусственного интеллекта для нужд Арктических вод способствовало бы в будущем безопасному преодолению Северного морского пути судами и замедлению или прекращению истощения биоресурсов. В ходе работы сделаны выводы, что нейронные сети могут помочь развитию Арктических вод как экологически (сокращение вреда морской среде посредством незаконного рыболовства), так и экономически (создание безопасного от пиратов морского пути)..

**Ключевые слова:** ННН-рыболовство (незаконное, неподотчетное и неконтролируемое рыболовство), уменьшение морских ресурсов, нейронная сеть, Арктические воды РФ, Северный морской путь, пиратство.

## PROSPECTS FOR USING NEURAL NETWORKS TO SOLVE THE PROBLEMS OF IUU-FISHING AND PIRACY IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Kostromin Nikita, Sivova Aleksandra

BAUMAN MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY, MOSCOW, RUSSIA

This article discusses the prospects for using neural networks to solve the problems of IUU fishing (illegal, unaccountable and uncontrolled fishing) and piracy in the Arctic zone of the Russian Federation. A brief overview of similar foreign applications that have already been implemented (Global Fishing Watch) is provided. Special attention is paid to the fact that the use of artificial intelligence for the needs of Arctic waters would contribute to the safe passage of the Northern sea route by ships and slow down or stop the depletion of bioresources in the future. The work concludes that the neural network can help the development of Arctic waters both environmentally (reducing harm to the marine environment through illegal fishing) and economically (creating a safe sea route from pirates).

**Keywords:** IUU fishing (illegal, unaccountable and uncontrolled fishing), reduction of marine resources, neural network, Arctic waters of the Russian Federation, the Northeast Passage, piracy.

Статья получена: 27.08.2020

Принята к публикации: 20.09.2020

Опубликована онлайн: 03.12.2020

### Введение

Рыбные запасы мира находятся под угрозой не только в результате интенсивной легальной рыболовной деятельности, но и в результате незаконного, несооб-

щаемого и нерегулируемого (ННН) рыболовного промысла. Трудно точно оценить общий улов от пиратского лова. Однако, одни эксперты оценивают этот показатель в 11 млн тонн в год, другие полагают, что он

может достигать 26 млн тонн, что составляет соответственно 14 и 33 процента от общего объема легального вылова рыбы и других видов морской фауны в мире в 2011 году. Эти уловы являются дополнительными к мировому ежегодному улову рыбы и другой морской фауны, который в настоящее время составляет 78,9 млн тонн [9]. В течение многих лет в оценках рыбных запасов слишком мало учитывалось ННН-рыболовство. Это проблематично, поскольку, если доля ННН-рыболовства не учитывается в расчетах, законные квоты на вылов для данного морского региона не могут быть определены правильно. Исходя из предположения, что вылавливается меньше рыбы, чем на самом деле, эксперты переоценивают размер запаса и устанавливают слишком высокие квоты на вылов в следующем году, что может привести к усилению и ускорению чрезмерной эксплуатации запаса. ННН-рыболовство также усугубляет проблему перелова, поскольку ННН-суда работают даже в морских охраняемых районах, где введен полный запрет на промысел. Они зачастую не обращают внимания на планы управления рыболовством, которые направлены на сохранение чрезмерно эксплуатируемых или истощенных запасов. Однако главная причина, по которой ННН-рыболовство является сегодня особенно важной проблемой, заключается в том, что многие рыбные запасы уже чрезмерно эксплуатируются в результате легального рыболовства. Таким образом, ННН-рыболовство создает дополнительное давление на рыбные запасы. С другой стороны, если бы управление запасами осуществлялось на устойчивой основе, то ННН-рыболовство больше не усугубляло бы и без того сложную ситуацию в той мере, в какой это происходит сегодня. Таким образом, во многих морских регионах мира незаконное рыболовство в значительной степени способствует истощению рыбных запасов, особенно в прибрежных водах развивающихся стран. В настоящее время появляется более эффективное международное сотрудничество в области контроля за рыболовными судами. Его главные цели состоят в том, чтобы сократить долю незаконного рыбо-

ловства в настоящее время, окончательно ликвидировать в будущем и найти способы рационального пользования ресурсами Мирового океана, используя как правовые, так и технические средства.

На первый взгляд может показаться, что данная проблема не грозит Арктическим водам, так как там преобладают ледники, а стоимость ледоколов более миллиарда рублей, но наблюдения 2012 года показали, что с 1980-х годов общая масса льда сократилась на 70%. По словам Питера Уадхамса, профессора Кембриджского университета, руководителя группы учёных, изучающих физику «полярных океанов», в 2012 году общая масса арктического льда составила всего 30% от уровня 80-х годов.

Его слова дополняют высказывания Романа Менделевича Вильфанда, научного руководителя Гидрометцентра России: «В 2012 году были зарегистрированы очень нестандартные рекорды. Впервые в акватории Арктики (положительная) аномалия среднегодовой температуры достигла 7 градусов. Это фантастическое значение. Даже когда средняя дневная температура отличается от нормы на 7 градусов — это заметное событие, но такое отклонение среднегодовой температуры было зафиксировано впервые». Температурная аномалия была зафиксирована в районе на севере Карского моря между Землей Франца-Иосифа и Новой Землей.

В сентябре 2012 года площадь поверхности арктического льда достигла своего ежегодного минимума, площадь которого начали регулярно измерять с 1979 года. Тогда площадь ледового минимума составила 7,0 млн кв. км. С 2002 года этот показатель начал практически ежегодно сокращаться. Только к августу 2007 года растаяло более 1 млн кв. км льда за год (составив 4,8 млн кв. км), впервые обнажив Северо-Западный проход, морской путь вдоль северного побережья Северной Америки, соединяющий Атлантический и Тихий океаны. 16 сентября 2012 году был поставлен новый рекорд минимума — 3,41 млн кв. км. Затем этот процесс несколько замедлился. В середине сентября 2017 года площадь ледового покрова со-

ставляла 4,64 млн кв. км [13].

Таким образом, из-за ускорения таяния льдов Арктики вероятность плавления в водах Арктики без дорогостоящих судов увеличивается ежегодно, а значит проблема пиратства и ННН-рыболовства будет развиваться.

### **Нейронные сети как решение.**

Сегодня благодаря развитию нейронных сетей были решены многие задачи, например, обработка естественного языка, обработка изображений (считывание номера нарушителя дорожной безопасности), распознавание рукописных символов, создание виртуальных помощников (Siri, Алиса). Всё это стало доступным за счёт использования эволюционных алгоритмов для повышения эффективности обучения нейросети. Кроме этого, нейросети нашли применения в решении проблем безопасности и экологии: было создано приложение для борьбы с ННН-рыболовством. Ранее индонезийские эксперты сообщали, что крайне трудно отследить местонахождение судов, перевозящих ННН-улов, вокруг островов и архипелагов страны. Объем незаконного вылова здесь соответственно высок и составляет 1,5 млн тонн ежегодно. Арафурское море, лежащее между Австралией и Индонезией, также сильно пострадало. После Западной Африки (40%) западно-центральная часть Тихого океана является регионом с самым высоким уровнем ННН-рыболовства в мире. В западной части Тихого океана ННН-лов составляет 34% от общего улова. Поэтому в 2017 году Индонезия стала первой страной, предоставляющей данные отслеживания судов через Global Fishing Watch — это приложение компании Google, которое предоставляет возможность мониторинга глобального коммерческого рыболовства, отслеживать рыбную деятельность в режиме реального времени через общедоступную карту.

Работа Global Fishing Watch основана на достижениях в области спутниковых технологий, облачных вычислений и машинного обучения. Процесс начинается с отслеживания судна. Global Fishing Watch использует несколько систем слежения

за судами: автоматическую систему идентификации (АСИ), устройства, подобные GPS, которые большие суда используют для трансляции своего местоположения, чтобы избежать столкновений. По оценкам, на суда с АСИ приходится более половины добычи рыбы в 100 морских милях от берега и до 80% добычи в открытом море. АСИ предоставляет данные, а Global Fishing Watch запускает эти данные через две нейронные сети, используя компьютерные алгоритмы для анализа больших наборов данных. Более чем 300 000 судов в день проходят через классификаторы машинного обучения.

С помощью карты Global Fishing Watch правительства стран могут выявить и принять меры в отношении судов, которые не имеют права заниматься добычей рыбы или которые добывают её в охраняемых районах. А исследователи могут изучать воздействие рыболовства на состояние Мирового океана, выявлять уязвимые районы и защищать морскую среду [5, 11].

Таким образом, возникает вопрос: можно ли данный зарубежный опыт использовать в водах Арктической зоны Российской Федерации и рационально ли это? Ведь незаконное рыболовство достаточно критично в северо-западной части Тихого океана, особенно в западной части Берингова моря. Здесь ННН-рыболовство в основном практикуется Китаем и Россией и составляет 33% улова [1, 9].

### **Материалы и методы исследования.**

Для достижения поставленной цели выполнен литературный обзор международных подобных систем, экспертных интервью и анализ применимости данной системы в условиях Российской Арктики. Также внимание уделяется не только возможным проблемам, которые могут появиться при создании системы для Арктических вод, но и путям их решения.

### **Возникающие проблемы.**

Одной из главных проблем в использовании системы в данной зоне является ненадежность технологии GPS в Арктике [7, 8].

Во-первых, это связано с орбитальным наклоном задействованных спутников.

Спутники находятся на одной из шести орбитальных плоскостей с наклоном около 64,8 градусов (данный наклон характерен GLONASS - спутниковой навигационной системе Россия). Северный полярный круг начинается примерно на 66,5 градусах северной широты. На этих высоких широтах в любой момент времени всё еще видны несколько спутников, но они никогда не проходят прямо над головой. Фактически, при использовании GPS прямо на полюсе, высота самого высокого GPS спутника, который вы сможете увидеть, составляет примерно 45 градусов над горизонтом.

Во-вторых, это связано с тем, что в Арктическом регионе ощущается большая активность ионосферы, которая колеблется в зависимости от солнечного цикла. Каждые 11 лет наблюдается подъем ионосферной активности, которая может создавать прекрасные северные сияния, но также вызывает множество проблем с электроникой в целом, так как GPS-спутники не являются непроницаемыми для ионосферной активности, которая может вызывать сцинтилляцию (мерцания) сигнала, создавая изменения в амплитуде и фазе сигналов. Это может привести к ошибкам синхронизации, что затем приводит к ошибкам в расчетах позиционирования.

Однако для решения проблем арктической навигации было предложено много решений. Одним из таких решений является реализация многоканальных частот L-диапазона в системах спутниковой навигации. Это позволит получать больше данных для расчета местоположения и поможет преодолеть ионосферные помехи, если используется несколько частот.

Инерциальные навигационные системы (INS) также могут быть сопряжены со спутниковой навигацией, что может компенсировать пробелы в данных во время сцинтилляции. Тем не менее, INS обладают склонностью испытывать трудности в поддержании точного направления, но это несущественно, если сцинтилляционные нарушения происходят в относительно коротких всплесках.

Наконец, для повышения точности GPS в Арктике также может быть реализовано

увеличение спутниковых созвездий на средних орбитах Земли. Системы расширения, такие как Wide Area Augmentation System (WAAS) в США, используются в дополнение к GPS для обеспечения еще более точных данных позиционирования, в особенности, они адаптированы для авиации.

Таким образом, для создания системы мониторинга судов первоначально необходимо создать надёжную GPS навигацию, которая также будет способствовать развитию Северного морского пути, то есть экономики РФ [2, 6].

Ещё одной проблемой является отсутствие дешёвых и стабильных сети Интернет и связи, что затрудняет взаимодействие между моряками, лётчиками, учёными, работниками различных предприятий и госучреждений, а также с нейросетью, которой необходим доступ в Интернет, например, для вызова морской охраны для задержания рыбных браконьеров или пиратов. Однако и эта проблема уже решается: известная российская телекоммуникационная компания «Мегафон» начала строить сеть связи в Арктике [4]. По мнению сотрудников «Мегафон», на её создание может уйти три года и более \$1 млрд.

Получается, что основные проблемы, возникающие при создании системы, планируются быть решены в ближайшие несколько лет, что позволяет говорить о возможности и перспективности создания системы мониторинга судов в водах Арктики на основе нейронной сети и GPS для предотвращения истощения биоресурсов.

### **Описание работы системы.**

Более подробно разберём реализацию данной системы, что необходимо для её разработки.

Вся модель состоит из судов, GPS-спутника, спутниковой системы мониторинга судов, наземной спутниковой станции, центра мониторинга судов, судна морской охраны (рис. 1).

Каждое рыболовецкое судно должно быть снабжено АСИ, посредством которого определяется местонахождение судна. Данные о местонахождении судна



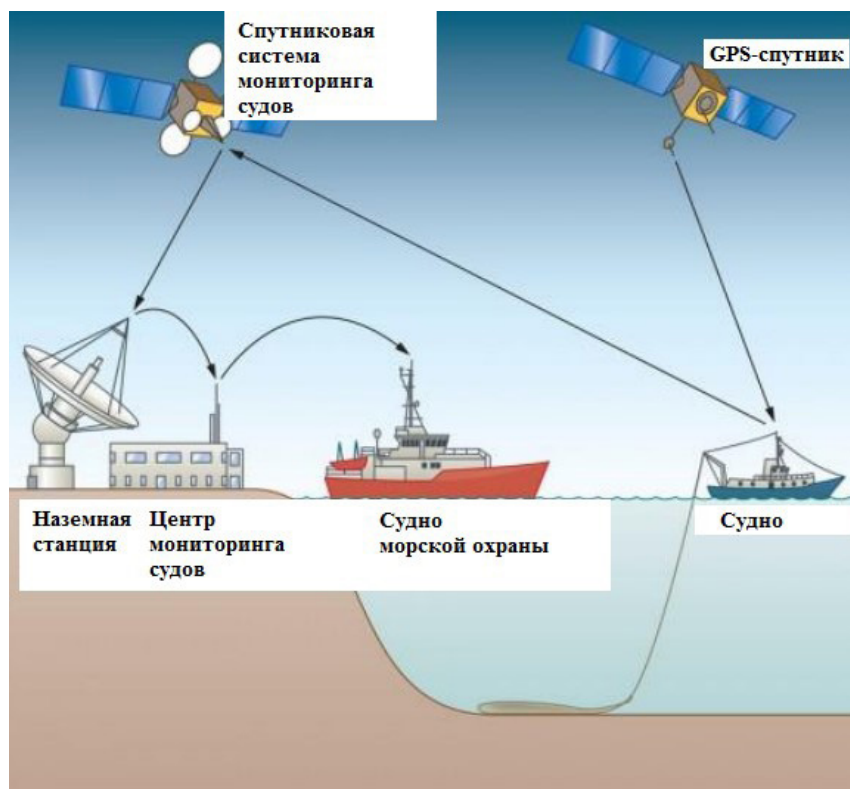


Рисунок 1 – Схема работы системы.

принимаются наземной спутниковой станцией и отправляются в центр мониторинга рыболовства, отвечающий за район, в котором судно в настоящее время ведет промысел, где посредством нейронной сети определяется законно или нет ведётся рыболовство. Нейросети должны определить, снабжено ли судно АСИ, тип судна (грузовое или буксирное судно, парусная или рыбацкая лодки), его размер, используемые орудия лова (ярусный лов, невод, рыболовный трал), и где и когда он ловит на основе его моделей движения для подтверждения данных с АСИ. Анализ данных происходит с использованием методов распознавания объектов на картинке [3] (классификация вида орудия лова, типа судна), сопоставление данных с GPS центра мониторинга и всех судов (наличие АСИ на судне), евклидовой геометрии (определение размеров судна ( $d$  на рис. 2), зная расстояния до противоположных концов судна ( $a, b$ ) и медиану( $m$ )).

Стоит отметить, что приведённая схема для расчёта размера  $d$  грубая, так как на самом деле GPS определяет не один спутник, а сразу несколько, благодаря чему достигается наибольшая точность. Известные параметры треугольника ( $a, b, m$ ) являются косвенными вычислениями.

Дальнометрия в GPS основана на вычислении расстояния по временной задержке распространения радиосигнала от спутника к приемнику, то есть параметры находятся через время, за которое сигнал доходит до спутника от объекта с GPS-приёмником, и скорость сигнала (скорость света  $c$ ):

$$a = t_a * c$$

$$b = t_b * c$$

$$m = t_m * c$$

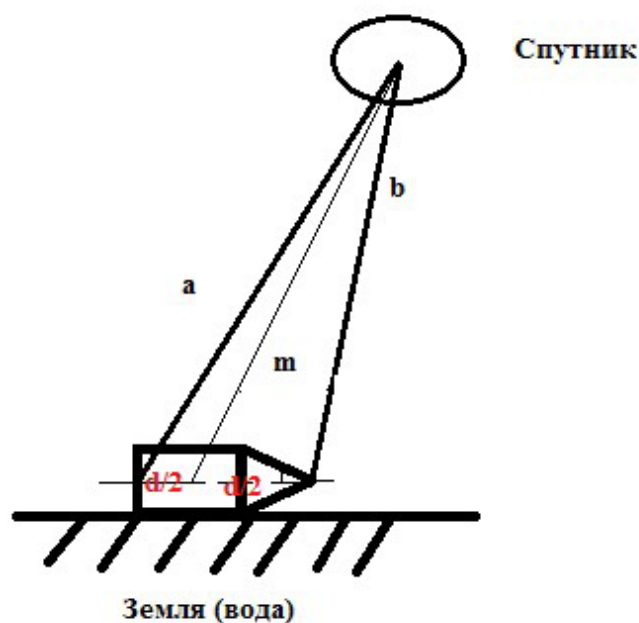


Рисунок 2 – Схема для расчёта длины судна через три параметра.

Выведем формулу для размера  $d$ . Для этого воспользуемся формулой для вычисления медианы треугольника и выразим искомую длину  $d$ :

$$m^2 = \frac{2 * a^2 + 2 * b^2 - d^2}{4}$$

$$d^2 = 2 * a^2 + 2 * b^2 - 4 * m^2$$

$$d = \sqrt{2 * a^2 + 2 * b^2 - 4 * m^2}$$

Также размер судна можно определять с помощью спутниковых снимков (рис. 3). Чтобы это сделать воспользуемся соотношением:

$$\frac{d}{d_{\text{снимка}}} = \frac{\text{max\_scale}}{\text{scale}_{\text{снимка}}}$$

$$d = d_{\text{снимка}} * \frac{\text{max\_scale}}{\text{scale}_{\text{снимка}}}$$

$$d = d_{\text{снимка}} * \text{scale}$$

После подготовки математических вычислений происходит «обучение» алгоритма, для этого необходимо будет вручную классифицировать тысячи различных судов. Но, в итоге, использование облачных вычислений, равномерно распределенных по тысячам машин, позволит

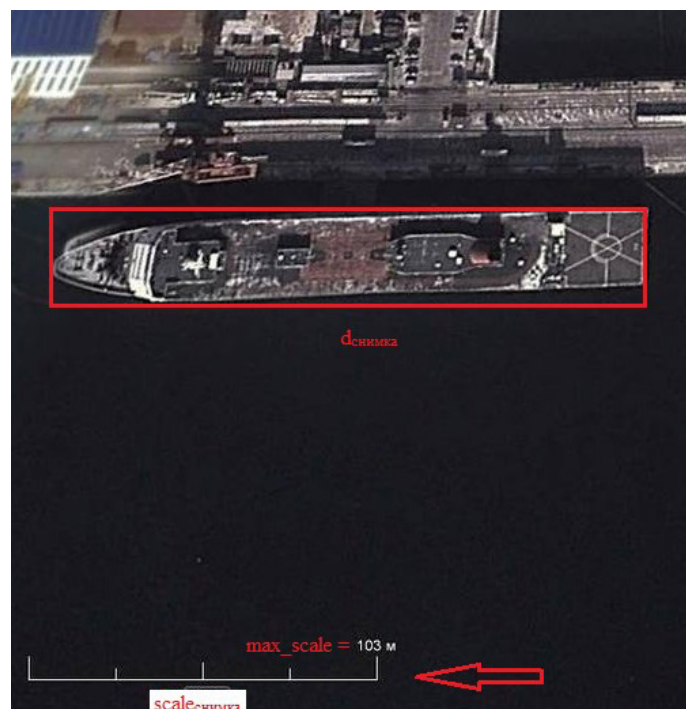


Рисунок 3 – Спутниковый снимок для расчёта длины судна через масштаб [12].

применять это обучения ко всему набору данных.

Следовательно, примерный принцип работы системы следующий: с каждого судна в центр мониторинга через спутники отправляются данные с АСИ, в это время нейросеть центра мониторинга сопоставляет количество АСИ и судов в водах, распознанных, например, по спутниковым снимкам. Если эти цифры отличаются, то запускается программа для поиска судна без АСИ и координаты правонарушителя передаются судну морской полиции, которые должны принять соответствующие меры по отношению к гражданам судна. Однако, чтобы не отправлять морскую полицию к судам нерыболовного, а, например, туристического или частного назначения, частью работы нейросети является и распознавание наличия на судне орудий для лова. Причём данная процедура повторяется постоянно.

### Результат.

В ходе исследования был сделан вывод, что Российская Арктика будет иметь всё необходимое для создания подобных устройств в скором времени: решение проблем навигации, оптоволоконные линии для мобильной связи и доступа в сеть Интернет, интерес к данной проблеме со стороны учёных, бизнесменов и правительства РФ (создание налоговых льгот, программа «Дальневосточный гектар», оплата труда выше среднего) [10].

### Выводы.

Первоначально для создания подобного приложения для Арктических вод необходимо решить проблему навигации в Арктике, так как одной из составляющих системы является качественное определение местоположения и распознавания судна. Далее необходимо обязать судна использовать специальные датчики местоположения и контролировать количество разрешённой им для вылова и реально выловленной рыбы в портах. После нейросеть распознаёт судно, найденное в водах, и сопоставляет с базой данных с АСИ судов. Если судно незаконно плавает в водах, то к нему вызывается морская полиция или ожидает их на суше для вы-

яснения обстоятельств правонарушения и возможного задержания.

Стоит отметить, что с каждым годом увеличивается таяние льдов, поэтому пробле-

ма рыбного браконьерства и пиратства будет усугубляться. Разработка и внедрение данной технологии позволит снизить вышеописанные правонарушения.

### Список литературы:

1. Бекашев К.А., Л. П. Ануфриева, Устинов. Международное публичное право : учеб. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : ТК Велби, Изд-во Проспект. - 784 с.. 2005
2. Белый О.В., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Северный морской путь: проблемы и перспективы. // Транспорт Российской Федерации. 2011. Т. 32. № 1. С. 8-12.
3. Бенджио Ио., Гудфеллоу Я., Курвилль А. Глубокое обучение. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
4. Кинякина Е. «Мегафон» начал строить сеть связи в Арктике. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2020/07/19/834927-megafon-nachal-stroit> (дата обращения: 15.08.2020г.)
5. Костромин Н.С., Сивова А.Н. Применение методов машинного обучения для решения экологических задач. // Modern Science. 2019. № 5-3. С. 144-148.
6. Статуто А. И. Обзор роли Арктического судоходства и обеспечения его экологической безопасности. // Российская Арктика №2(9) 2020. С. 5-17.
7. Dubois Ch. The Limits of Satellite Navigation: GPS Challenges in the Arctic– 2018. URL: [https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/?utm\\_source=All+About+Circuits+Members&utm\\_campaign=3ea6ba1741-EMAIL\\_CAMPAIGN\\_2018\\_07\\_25\\_04\\_57&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_2565529c4b-3ea6ba1741-270450513/](https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/?utm_source=All+About+Circuits+Members&utm_campaign=3ea6ba1741-EMAIL_CAMPAIGN_2018_07_25_04_57&utm_medium=email&utm_term=0_2565529c4b-3ea6ba1741-270450513/) (дата обращения: 14.08.2020г.)
8. Jensen A., Sicard J. Challenges for Positioning and Navigation in the Arctic – 2010. URL: <https://mycoordinates.org/challenges-for-positioning-and-navigation-in-the-arctic/> (дата обращения: 14.08.2020г.)
9. WOR 2 The Future of Fish - The Fisheries of the Future – 2013. URL: <https://worldoceanreview.com/en/wor-2/fisheries/illegal-fishing/> (дата обращения: 16.08.2020г.)
10. Официальный сайт Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики. URL: <https://minvr.gov.ru> (дата обращения: 18.08.2020г.)
11. Официальный сайт Global Fishing Watch. URL: [www.globalfishingwatch.org](http://www.globalfishingwatch.org) (дата обращения: 16.08.2020г.)
12. Официальный сайт Google Earth. URL: <https://www.google.com/earth/> (дата обращения: 18.08.2020г.)
13. Ускорение таяния льдов Арктики и Антарктики. Изменение климата. // Информационно-аналитический портал GeoCentre.info. URL: <https://geocenter.info/article/uskorenie-tajanija-ldov-arktiki-i-antarktiki-izmenenie-klimata> (дата обращения: 18.08.2020г.)

### References:

1. Bekyashev KA, LP Anufrieva, Ustinov. International public law: textbook. - 4th ed., Revised. and add. - M.: TK Welby, Prospect Publishing House. - 784 s.. 2005
2. Bely O. V., Skorokhodov D. A., Starichenkov A. L. Northern Sea Route: Problems and Prospects. // Transport of the Russian Federation. 2011. T. 32. No.1. S. 8-12.
3. Bengio Io., Goodfellow J., Courville A. Deep learning. - M.: DMK Press, 2018. -- 652 p.
4. Kinyakina E. "Megafon" began to build a communication network in the Arctic. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2020/07/19/834927-megafon-nachal-stroit> (date accessed: 15.08.2020)
5. Kostromin N.S., Sivova A.N. Application of machine learning methods for solving environmental problems. // Modern science. 2019. No. 5-3. S. 144-148.
6. Statuto AI Review of the role of Arctic shipping and ensuring its environmental safety. // Russian Arctic №2 (9) 2020. P. 5-17.
7. Dubois Ch. Satellite Navigation Limitations: GPS Challenges in the Arctic - 2018. URL: [https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/?utm\\_source=All+About+Chains+Members&utm\\_campaign=3ea6ba1741-EMAIL\\_CAMPAIGN\\_2018\\_07\\_25\\_04\\_57&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_2565529c4b-3ea6ba1741-270450513/](https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/?utm_source=All+About+Chains+Members&utm_campaign=3ea6ba1741-EMAIL_CAMPAIGN_2018_07_25_04_57&utm_medium=email&utm_term=0_2565529c4b-3ea6ba1741-270450513/) (date accessed: 08/14/2020)
8. Jensen A., Sikard J. Problems of Positioning and Navigation in the Arctic - 2010. URL: <https://mycoordinates.org/challenges-for-position-and-navigation-in-the-arctic/> (date accessed: 14.08.2020)
9. WOR 2 The Future of Fish - Fishing of the future - 2013. URL: <https://worldoceanreview.com/en/wor-2/fisheries/illegal-fishing/> (date accessed: 16.08.2020)
10. Official website of the Russian Federation for the development of the Official East and the Arctic. URL: <https://minvr.gov.ru> (date of access: 18.08.2020)
11. Official website of Global Fishing Watch. URL: [www.globalfishingwatch.org](http://www.globalfishingwatch.org) (date accessed: 16.08.2020)
12. Official site of Google Earth. URL: <https://www.google.com/earth/> (date accessed: 18.08.2020)
13. Acceleration of ice melting in the Arctic and Antarctic. Climate change // Information and analytical portal GeoCentre.info. URL: <https://geocenter.info/article/uskorenie-tajanija-ldov-arktiki-i-antarktiki-izmenenie-klimata> (date of accessed: 18.08.2020)