**Актуальность проекта**

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стремительно приобретают популярность и широко применяются в различных сферах, включая военную, гражданскую и научную области. Особое внимание уделяется развитию систем и средств комплексов с БПЛА, так как это является одной из ключевых составляющих для эффективного использования и интеграции БПЛА в различных задачах.

Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2023 г. № 1630-р. «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации». Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года (далее - Стратегия) является отраслевым документом стратегического планирования, определяющим развитие и формирование перспективного облика беспилотной авиации на указанные периоды, в том числе в интересах развития высокотехнологичных отраслей экономики и совершенствования беспилотных авиационных систем как продукта, обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации, расширения инфраструктуры для безопасного применения беспилотных авиационных систем и наращивания кадрового потенциала отрасли беспилотной авиации. БПЛА в последние десятилетия стали все более распространенными и востребованными в различных отраслях. Они используются в военных операциях, гражданской авиации, сельском хозяйстве, мониторинге окружающей среды и прочих областях. Развитие и совершенствование систем и средств комплексов с БПЛА позволяют повысить эффективность их использования в различных сферах деятельности.

В настоящее время в России рынок БПЛА только начинает формироваться и получать свое очертание. Однако при обеспечении необходимых условий, а также при сохранении заинтересованности в использовании БЛА для решения задач бизнесом и органами власти рынок может стать самостоятельным сектором экономики.

Автоматизированная система классификации, идентификации объектов и картографирования местности в зоне действия БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) представляет собой сложную вычислительную задачу, требующую обработки больших объемов данных в реальном времени. Работа с такими объемами данных может привести к высокой нагрузке на вычислительные ресурсы, что делает кластер Kubernetes привлекательным выбором для развертывания и управления этой системой по таким причинам: масштабируемость, отказоустойчивость, автоматизация развертывания и управления.

**Тема работы:** Разработка инфраструктуры автоматизированной системы классификации, идентификации объектов и картографирования местности в зоне действия БПЛА.

**Цель:** Запуск автоматизированной системы классификации, идентификации объектов и картографирования местности в кластере Kubernetes;  
 **Задачи**:

1. Развернуть несколько виртуальных машин;
2. Настроить кластер Kubernetes;
3. Запустить в кластере автоматизированную систему.
4. **Создание виртуальных машин**

Чтобы создать 2 виртуальные машины будет использоваться VMWare Workstation. В качестве образа будет использоваться Ubuntu Server 22.04.4

Параметры виртуальных машин представлены на рисунке 1.

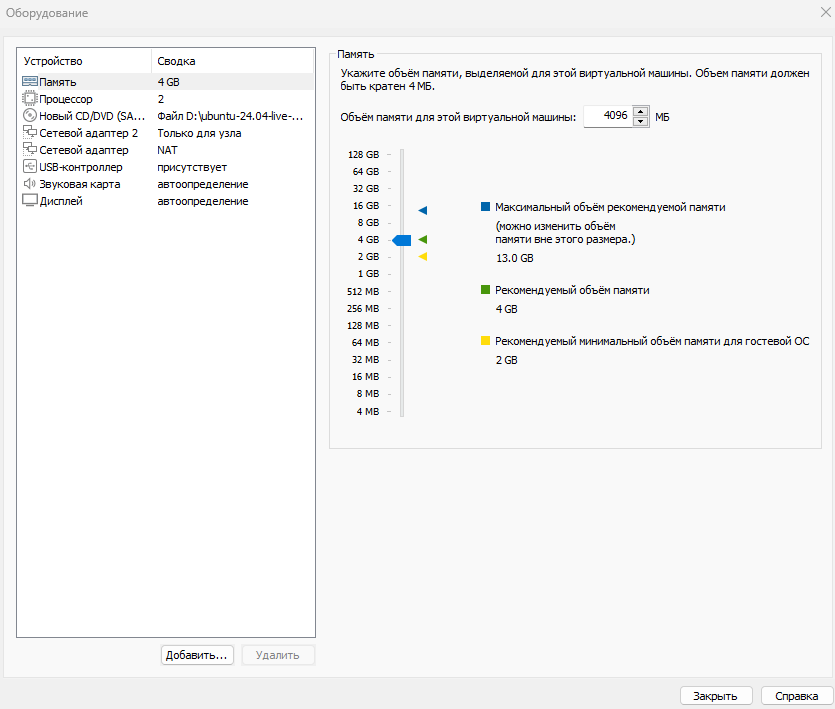


Рисунок 1. Параметры виртуальной машины

Было выделено по 30 Гб места на диске, по 4 Гб оперативной памяти, 2 процессора. По умолчанию Workstation создает 1 сетевой адаптер с режимом NAT, был добавлен еще 1, но с режимом «Только для узла».

По умолчанию есть 2 подсети с адресами 192.168.28.0 (host-only) и 192.128.244.0 (NAT) (рисунок 2). Будет использоваться первая подсеть для задания статических адресов виртуальным машинам.

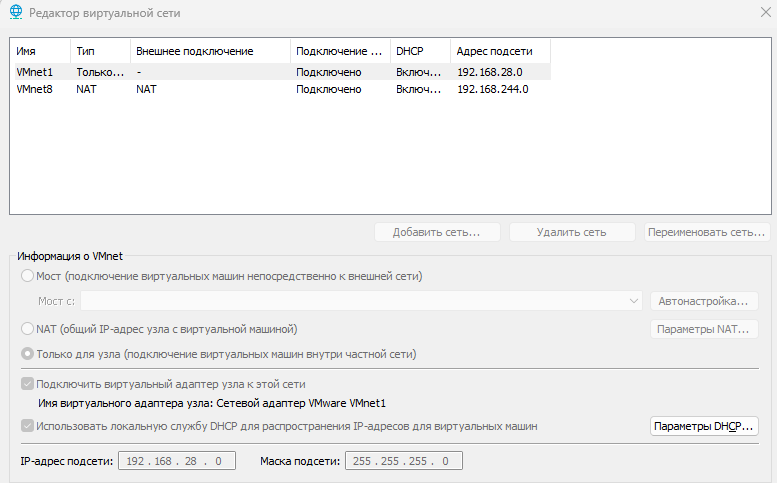


Рисунок 2. Виртуальные сети

Во время установки у каждой ВМ нужно настроить статический адрес (рисунок 3).

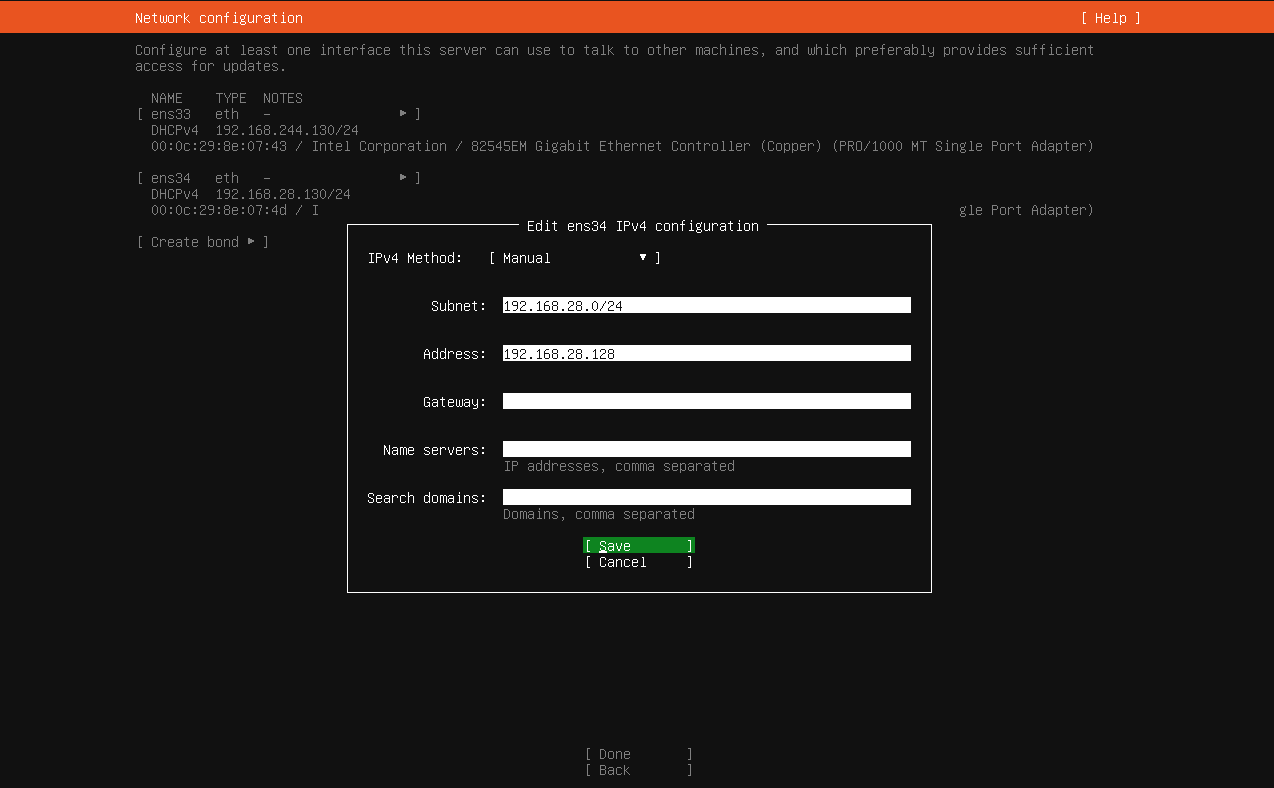


Рисунок 3. Задание статического адреса для ВМ

Адрес первой машины: 192.168.28.128.

Адрес второй машины: 192.168.28.129.

Далее задается имя машины и пользователь: имя первой машины – k8s-test, имя второй машины – k8s-test-2.

1. **Установка программного обеспечения**

Для развертывания автоматизированной системы в кластере Kubernetes необходимо установить Kubernetes и Docker на каждую виртуальную машину. Вместо полноценного Kubernetes был использован Microk8s, легковесный дистрибутив Kubernetes, разработанный Canonical. Установка программного обеспечения была проведена в соответствии с официальной документацией Kubernetes и Docker.

Теперь на каждой машине запущен узел Kubernetes.

1. **Создание кластера Kubernetes**

Для создания кластера, нужны master-узлы и worker-узлы. Пусть первая машины с IP-адресом 192.168.28.128 будет master-узлоv, а вторая с адресом 192.128.28.129 – worker-узлом.

Чтобы присоединить узел к кластеру, используется команда *microk8s add node*. Эту команду выполняют на master-узле, и в результате в консоль выводятся все способы подключения worker-узла к master-узлу. В нашем случае была использована команда: *microk8s join 192.168.28.128:25000/321ee67f4e009e1b9548ed86e9fdbe5d/b3f7897c8fc7 –worker*. Параметр –*worker* указывает, что присоединяемый узел будет worker-узлом. Если подключение проходит успешно, в консоли отображается сообщение «Successfully joined the cluster». После выполнения всех этих шагов получается кластер из двух узлов (рисунок 4).

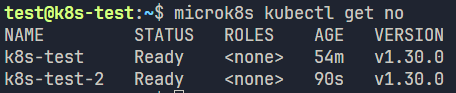


Рисунок 4. Кластер из 2 узлов, ВМ

Чтобы управлять кластером с хоста (не с виртуальных машин), необходимо скопировать его конфигурацию в файл C:\Users<username>/.kube/config. После этого можно использовать программу kubectl для управления кластером.

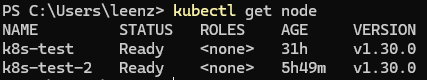


Рисунок 5. Кластер из 2 узлов, хост

1. **Создание образа автоматизированной системы и развертывание в кластере**

Автоматизированная система включает серверную и клиентскую части. Клиентская часть отправляет изображения и видео на сервер через ZeroMQ и его расширение ImageZQM. Сервер обрабатывает полученные изображения с помощью обученной нейросетевой модели и транслирует результаты на веб-сайт. Таким образом, изображения, переданные с беспилотных летательных аппаратов (клиентов), обрабатываются на сервере и отображаются на сайте с распознанными объектами.

С помощью Docker был создан образ серверной части, который будет развернут в Kubernetes. Этот образ, называемый «serverhub:local», хранится локально. Чтобы Kubernetes мог запускать его из локального образа, а не из удаленного репозитория, необходимо скопировать образ на оба узла. Для этого выполняются следующие шаги:

1. Сохранение образа в архив: *docker save serverhub -o serverhub.tar*;
2. Копирование архива serverhub.tar на все виртуальные машины;
3. Загрузка образа из архива: *sudo docker load -i serverhub.tar*;
4. Импорт образа в Kubernetes: *microk8s ctr image import serverhub.tar.*

Чтобы развернуть образ сервера в кластере, необходимо создать Deployment, описание которого представлено на рисунке 6.



Рисунок 6. Deployment для serverhub

Для применения Deployment выполняется команда: *microk8s kubectl apply -f deployment.yaml*. В результате в кластере будет развернута одна копия серверной части системы (рисунок 7).



Рисунок 7. Под, содержащий серверную часть системы

Однако для доступа к серверу извне кластера необходимо создать ресурс Service с типом NodePort. Для этого используется команда: *kubectl expose deployment serverhub-deployment --type=NodePort --name=serverhub-service*. Описание этого ресурса приведено в файле service.yaml (рисунок 8).

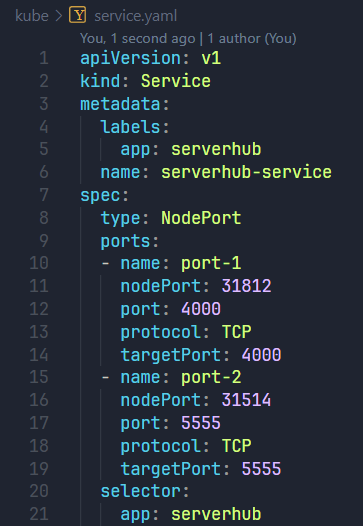


Рисунок 8. Описание сервиса для serverhub

Созданный кластер представлен на рисунке 9.

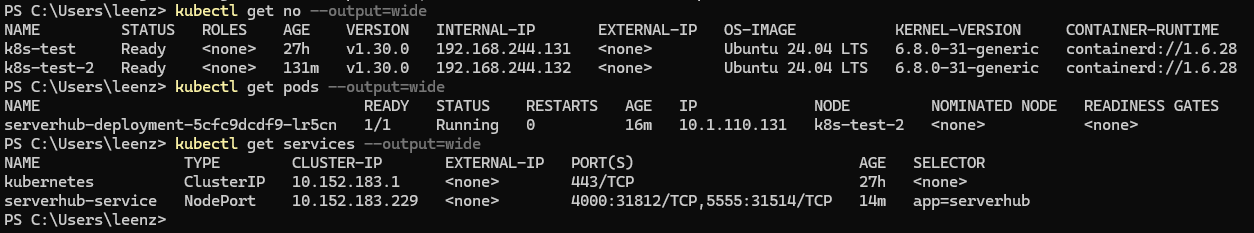


Рисунок 9. Кластер

Для доступа к серверу извне можно использовать адрес узла и порт, указанный в сервисе. Веб-сайт доступен по адресу: 192.168.28.129:31812, а ZeroMQ по адресу: 192.168.28.129:31514.

Запустим клиент на хосте для передачи изображений через ZeroMQ на сервер. Покажем нейросети кружку, обработанные изображения должны отобразиться на сайте (рисунок 10).

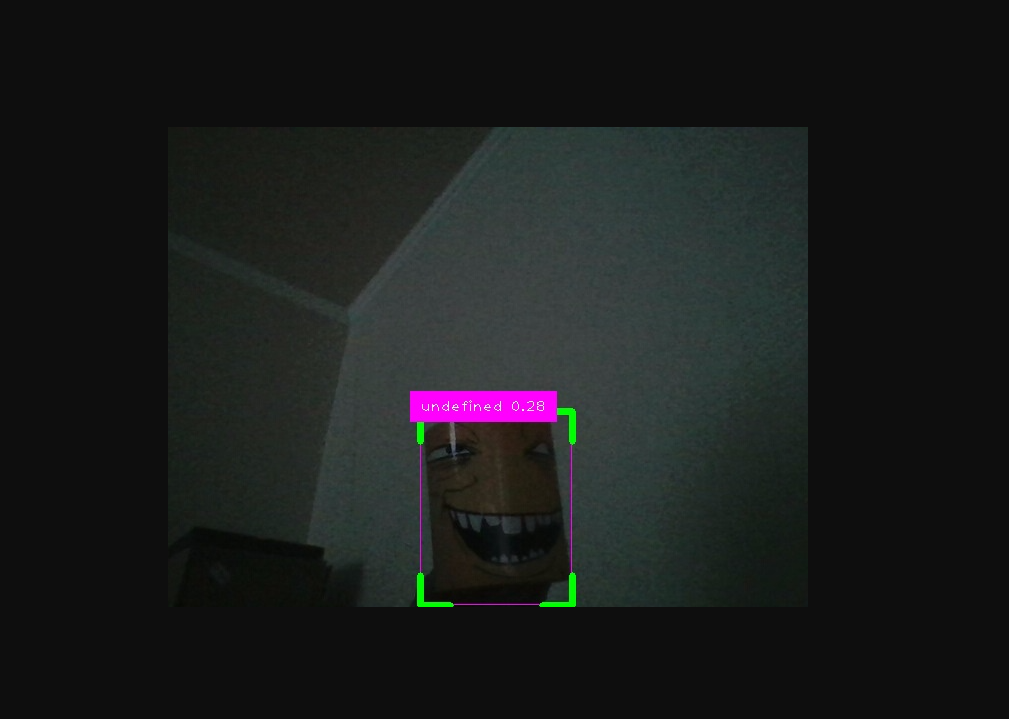


Рисунок 10. Обработанное изображение

В результате были созданы и настроены две виртуальные машины, а также развернут и настроен кластер Kubernetes с использованием дистрибутива Microk8s. В этом кластере была запущена серверная часть автоматизированной системы для классификации, идентификации объектов и картографирования местности в зоне действия БПЛА.

Для повышения доступности кластера можно развернуть больше узлов и увеличить количество копий автоматизированной системы. Однако для этого потребуется также изменить архитектуру системы, чтобы она могла масштабироваться горизонтально.