**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | И | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | И1 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | И1 | |  | | Борейшо А.С. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | И1М31 | |  | « 07 » | | июня | | | | | | | | | | 2019 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | преддипломной | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Бойцовой Анастасии Игоревны | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 12.04.05 | | |  | | Лазерная техника и лазерные | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
| технологии | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики:** | | | | | Киселев И.А., к.т.н., доцент | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 27.03.19 | | | | | | г. |  | по | 07.06.19 | | | г. | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | **магистрант** | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики:** | | | |  | | |  |  | | | | |  | | | | | |
|  | | |  | Киселев И.А. | | |  | |  | | |  | |  | | | | |
| Подпись | | |  | Фамилия ИО | | |  | |  | | | |  | |  | | |
| « 07 » |  | \_\_\_\_\_\_\_\_июня\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |  | 2019 г. |  |  | |  |  | | | | |  |  | | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2019 г.

Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc9971245)

[1 Разработка теоретического раздела магистерской диссертационной работы 4](#_Toc9971246)

[1.1 Методы классификации типов облачности 4](#_Toc9971247)

[1.1.1 Классификация облаков по условиям образования 6](#_Toc9971248)

[1.1.2 Морфологическая классификация облаков 7](#_Toc9971249)

[2 Разработка экспериментального раздела дипломной работы 12](#_Toc9971250)

[2.1 Разработка алгоритма обработки и классификации облаков 12](#_Toc9971251)

[2.2 Реализация алгоритма и обработка результатов распознавания 14](#_Toc9971252)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 19](#_Toc9971253)

# ВВЕДЕНИЕ

Целью преддипломной практики является выбор или уточнение темы диссертационной работы, сбор материалов для дипломного проектирования, практическая работа совместно с разработчиками-профессионалами по созданию оптических, оптоэлектронных и лазерных систем и их подсистем, программных изделий, которые будут являться одной из основных частей завершенной диссертационной работы.

Задачами преддипломной практики являются:

* Ознакомление с тематикой диссертационной работы;
* Проведение требуемых расчетов в рамках тематики выполняемого проекта;
* Разработка, обработка и анализ экспериментальных данных;
* Создание отчетных документов.

# Разработка теоретического раздела магистерской диссертационной работы

## Методы классификации типов облачности

Облака – взвешенные в атмосфере (в основном в нижнем слое – тропосфере) продукты конденсации водяного пара, видимые на небе невооруженным глазом и с поверхности Земли и из космического пространства.

Облачность – совокупность облаков, наблюдаемых в определенном месте (или территории) в определенный момент или период времени. Облачность – один из важных факторов, определяющих погоду и климат. Благодаря экранирующему эффекту она препятствует как охлаждению поверхности Земли за счет собственного теплового излучения, так и ее нагреву излучением Солнца, тем самым уменьшая сезонные и суточные колебания температуры воздуха.

При анализе телевизионных снимков не всегда удается точно определить формы морфологической классификации облаков из-за фотографического сходства большинства из них между собой. Поэтому при дешифрировании пользуются условной классификацией, составленной с учетом информативных возможностей фотографии.

В настоящее время получить классификацию облачности можно следующими способами:

1) На основе результатов наблюдений сети наземных и судовых метеостанций, расположенных по всему миру;

a) классификация облаков по условиям образования;

b) морфологическая классификация облаков.

2) Путем использования методов автоматической классификации облачности на спутниковых снимках;

a) классификация облаков по спутниковым снимкам на основе технологии нейронных сетей;

b) послойная классификация многоярусной облачности на спутниковых снимках MODIS с использованием нейронных сетей.

Результаты классификации на метеостанциях зависят от опыта и знаний техника-метеоролога, поскольку решение о типе наблюдаемой облачности принимается на основе его морфологического описания, приведенного в Атласе облаков. В результате можно классифицировать облака сразу нескольких ярусов одновременно при наличии полупрозрачной облачности, разрывов между облаками и некоторых других условиях.

Методы автоматической классификации облачности по спутниковым снимкам в настоящее время не обладают достаточной полнотой, поскольку позволяют разделять облака только по 10-14 разновидностям из 27 возможных. Существенным недостатком методов автоматической классификации облачности по спутниковым данным является их низкая эффективность при наличии на снимках полупрозрачных облаков верхнего и среднего ярусов, искажающих текстуру изображения нижележащей облачности. В этом случае возникает неопределенность, к какой разновидности облаков отнести исследуемый фрагмент облачности.

Кроме основных типов облачности, при дешифрировании определяются границы однородных облачных полей и количество облачности. Границей (контуром) называется линия раздела между полями с различными характеристиками. Контурами очерчиваются районы (поля), однородные по яркости и структуре изображения облачности. Количество облачности характеризует степень (коэффициент) покрытия облаками того или иного участка земной поверхности и определяется отношением (в процентах) площади, занятой облачными элементами внутри контура, ко всей площади, ограниченной контуром.

### Классификация облаков по условиям образования

По условиям образования различают облака фронтальные и внутримассовые. Происхождение фронтальных облаков объясняется процессами, происходящими на границах раздела между различными воздушными массами, а внутримассовых облаков – процессами внутри однородных воздушных масс: термической и динамической конвекцией, турбулентным перемешиванием и волновыми движениями (или адвекцией облачных систем).

К фронтальным облакам относятся облака восходящего скольжения (перистые, перисто-слоистые, высокослоистые, слоисто-дождевые). Они образуются при встрече тёплых и холодных воздушных масс и возникают в результате адиабатического охлаждения тёплого воздуха при его подъёме по холодному.

Внутримассовые облака включают в себя конвективные (кучевые и кучево-дождевые), волнистообразные (перисто-кучевые, высококучевые и слоисто-кучевые) и облака турбулентного перемешивания (слоистые).

Конвективные облака бывают двух видов:

1) Облака термической конвекции формируются за счёт неравномерного нагрева снизу и подъёма более тёплых воздушных масс;

2) Облака динамической конвекции формируются за счёт вынужденного подъёма воздуха перед горами.

Волнистые облака образуются в антициклонах при инверсии, когда нижняя граница инверсии совпадает с уровнем конденсации. На границе между тёплым менее плотным (сверху) и холодным более плотным (снизу) воздухом при движении развиваются воздушные волны.

Облака турбулентного перемешивания — результат поднятия воздуха при усилении ветра, особенно если в приземных слоях наблюдается туман, который постепенно переходит в слоистые облака.

### Морфологическая классификация облаков

Основными отличительными признаками при определении формы облаков является их внешний вид и структура. Облака могут быть расположены на разных высотах в виде отдельных изолированных масс или сплошного покрова, их строение может быть различным (однородным, волокнистым и др.), а нижняя поверхность ровной или расчлененной (изорванной). Кроме того, облака могут быть плотными и непрозрачными или тонкими – сквозь них просвечивает голубое небо или солнце.

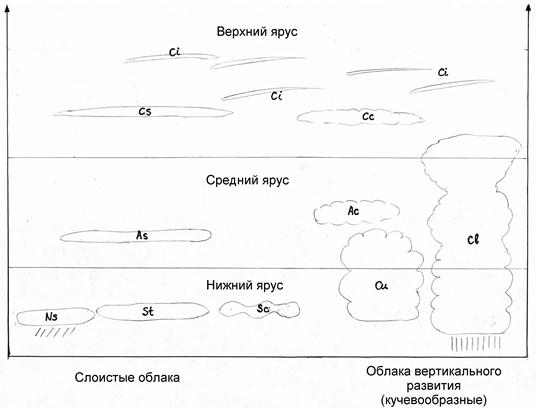


Рисунок 1 – Распределение облаков по ярусам согласно классификации всемирной метеорологической организации

В таблице 1 представлена классификация по видам и высотам в соответствии с международной морфологической классификацией облаков.

Таблица 1 – Морфологическая классификация облаков

|  |  |
| --- | --- |
| Семейства | Род |
| Облака верхнего яруса (в средних широтах высота – от 6 до 13 км) | Перистые (Cirrus, CI)  Перисто-кучевые (Cirrocumulus, CC)  Перисто-слоистые (Cirrostratus, CS) |
| Облака среднего яруса (в средних широтах высота – от 2 до 6 км) | Высококучевые (Altocumulus, AC)  Высокослоистые (Altostratus, AS) |
| Облака нижнего яруса (в средних широтах высота — до 2 км) | Слоисто-дождевые (Nimbostratus, NS)  Слоисто-кучевые (Stratocumulus, SC)  Слоистые (Stratus, ST) |
| Облака вертикального развития (облака конвекции) | Кучевые (Cumulus, CU)  Кучево-дождевые (Cumulonimbus, CB) |

1) Верхний ярус – ледяные, белого цвета, не затеняющие Солнце.

Перистые облака (CI): состоят из отдельных перистообразных элементов – в виде тонких, белых нитей, белых клочьев и вытянутых гряд. Они имеют волокнистую структуру и шелковистый блеск. Из-за сильных ветров они имеют характерную форму вытянутых, растрепанных «кобыльих хвостов». Имеют значительное вертикальное протяжение (порядка сотен метров). Перистые облака разделяют на виды: нитевидные, когтевидные, башнеобразные, плотные, хлопьевидные.

Перисто-кучевые облака (СC): высокие и пушистые, состоящие из отдельных образований (очень мелких зерен, хлопьев, шариков, завитков). Они напоминают рябь на поверхности воды или песка. Часто образуют красивые, регулярные волны: «небо в барашках». Перисто-кучевые облака разделяют на виды: слоистообразные, башнеобразные, хлопьевидные.

Перисто-слоистые облака (CS): ледяная вуаль, тонкая, молочно-белая, прозрачная. Солнце просвечивает через них так ярко, что вокруг него появляются кольца (гало), а иногда и ложные солнца. Толщина слоя от сотен метров до километра. Перисто-слоистые разделяют на туманообразные.



Рисунок 2 – Облака верхнего яруса

2) Средний ярус – имеют смешанную структуру из смеси капелек с ледяными кристаллами, частично просвечивают Солнце.

Высококучевые облака (AC): на средних высотах похожи на хлопья, валики белого или серого цвета. В отличии от перисто-кучевых облаков, более высоких, у них всегда более темные края. Это достаточно тонкие облака. Для высококучевых облаков, характерны такие оптические явления, как иризация и венцы. Высококучевые облака разделяют на виды: слоистообразные, башнеобразные, хлопьевидные.

Высокослоистые (AS): застилают небосвод целиком или частично. Через отдельные облака, менее плотные, может просвечивать Солнце или Луна. В этом случае они видны, как бы через стекло, в виде размытых пятен. Это типичные смешанные облака. Дают слабые осадки. Гало не наблюдается.

Особенностью высокослоистых облаков является нижняя поверхность, которая иногда имеет вымеобразный вид.



Рисунок 3 – Облака среднего яруса

3) Нижний ярус – полностью состоят из капель. Полностью затемняют Солнце.

Слоисто-дождевые (NS): серый облачный покров, часто мрачного вида, кажущийся размытым. Слой облаков более мощный, чем у высокослоистых, поэтому Солнце и Луна через них не просвечивают. Эти облака находятся в нижнем и среднем, а зачастую и в верхнем ярусах. Это смешанные облака: в нижней части состоят из крупных капель и снежинок, а в верхней – из мелких капель и мелких же снежинок.

Слоисто-кучевые (SC): часто образуются из верхних кучевых облаков, когда те поднимаются и растекаются в стороны. Если смотреть на них с самолета, то они выглядят, как волнистое одеяло из валиков и выступов с просветами. Это водяные облака, поэтому осадков они не дают. Слоисто-кучевые облака разделяют на слоистообразные и башнеобразные облака.

Слоистые (ST): являются водными или смешанными – выглядят, как однородный, серый слой. При малой плотности через них просвечивает Солнце, при этом оно имеет четкие очертания. Из слоистых облаков может выпадать морось, а зимой – ледяные иглы, мелкий снег, снежные зерна. Мощность слоя до нескольких сотен метров. Слоистые облака разделяют на виды: туманообразные и разорванные.

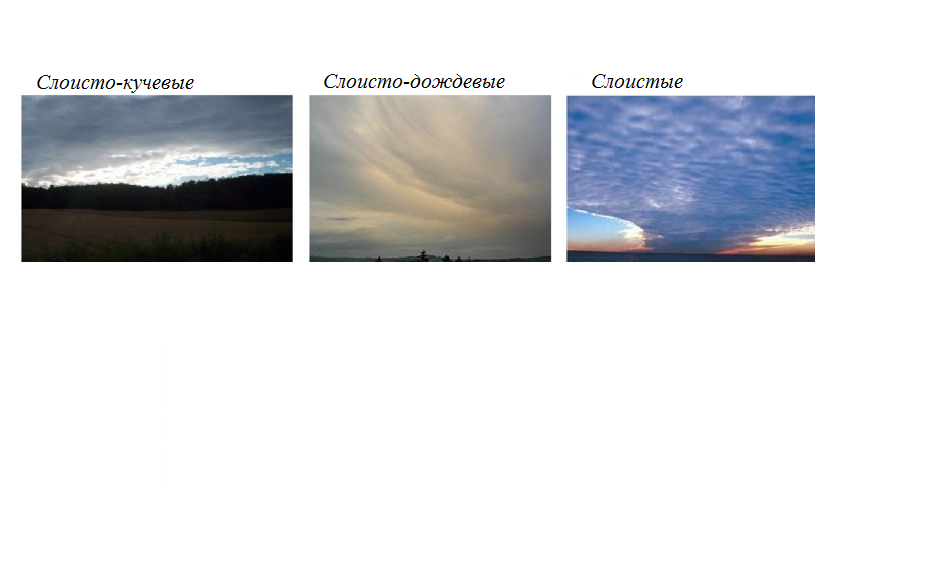


Рисунок 4 – Облака нижнего яруса

4) Облака вертикального развития – отдельные плотные облачные массы, сильно развитые по вертикали, затемняют Солнце.

Кучевые (CU): плотные облака с резко обозначенными контурами. Развиваются вверх, образуя плотные белые верхушки, похожие на цветную капусту, основания облаков сравнительно темные. Это водяные облака, поэтому осадков не дают (за исключением тропиков, где из мощных кучевых облаков могут выпадать небольшие дожди). Кучевые облака разделяют на виды: плоские, мощные и разорванные.

Кучево-дождевые (CB): больше и темнее, результат дальнейшего развития кучевых по вертикали. Вертикальная мощность кучево-дождевых облаков может изменяться от 3 до 15 км. Они сильно изменяют освещение (уменьшают), так как закрывают Солнце. Это смешанные облака: в нижней части находятся капли, в средней – капли и кристаллы, в верхней – кристаллы. Именно с этими облаками связаны ливни, грозы, шквалы и смерчи. В полярных широтах редки. Кучево-дождевые облака разделяют на виды: лысые и волосатые.



Рисунок 5 – Облака вертикального развития

# Разработка экспериментального раздела дипломной работы

## 2.1 Разработка алгоритма обработки и классификации облаков

На основе материала, разобранного в п. 1.1.2, и информации о высотах, получаемых с облакомера, можно сделать вывод о том, к какому семейству принадлежит (какой ярус занимает) облако.

Кроме того, облака могут быть плотными и непрозрачными или тонкими. Чем выше находится облако, тем больше сквозь него просвечивает голубое небо (рисунок 6) и, следовательно, соотношение «облако/небо» для облаков верхнего, среднего и нижнего яруса будут различны.



а) б) в)

Рисунок 6 - Облака верхнего (а), среднего (б) и нижнего (в) яруса

Для определения соотношения «облако/небо» необходимо выполнить бинаризацию изображения – перевод цветного (или в градациях серого) изображения в двухцветное черно-белое (рисунок 7), тем самым получив соотношение «черные/белые» пиксели.



а) б) в)

Рисунок 7 - Облака верхнего (а), среднего (б) и нижнего (в) яруса после выполнения бинаризации

Результаты соотношений «облако/небо» и «черные/белые» пиксели для ярусов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношения «облако/небо» и «черные/белые» пиксели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ярус | Соотношение облако/небо | Соотношение черные/белые пиксели |
| Верхний (6 - 13 км) | облако < небо | черные > белые |
| Средний (2 - 6 км) | облако ≈ небо | черные ≈ белые |
| Нижний (до 2 км) | облако > небо | черные < белые |

В результате алгоритм обработки и классификации облаков можно представить в следующем виде, рисунок 8:

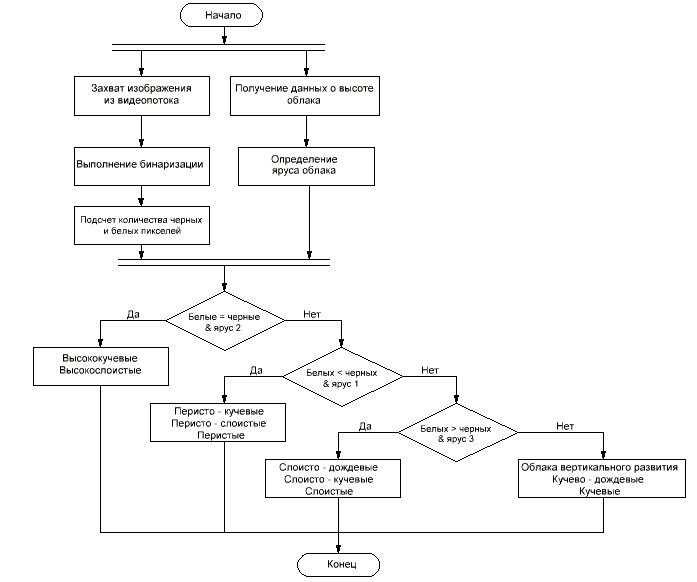


Рисунок 8 – Алгоритм обработки и классификации облаков

## 2.2 Реализация алгоритма и обработка результатов распознавания

Для реализации программного обеспечения была дополнительно выбрана среда GUIDE для создания приложений с графическим интерфейсом пользователя. Работа в этой среде осуществляется элементами управления *–* кнопками, раскрывающимися списками и т.д. Они размещаются на форме при помощи мыши, а затем программируются события, которые возникают при обращении пользователя к данным элементам управления.

Исходными данными для работы являются изображение облачности и данные о высоте, полученные с облакомера (рисунок 9).

Для получения результатов распознавания необходимо нажать на кнопку «Определить облако».

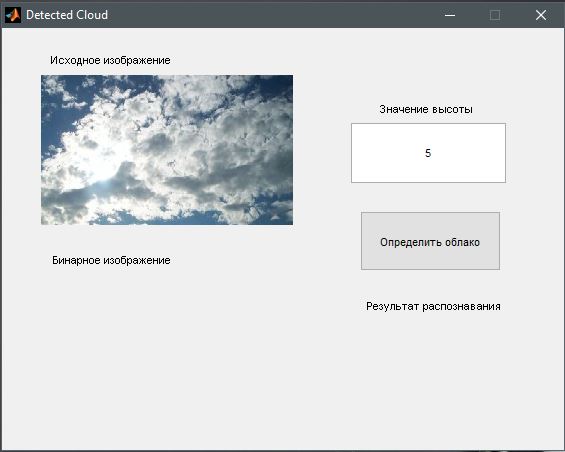


Рисунок 9 - Окно GIUDE с исходными данными

Группа функций imbw создает бинарное изображение, используя отсечение по порогу яркости.

Для получения бинарного изображения переводим полутоновое или полноцветное изображение функцией Im=im2bw(I) и контрастируем изображение функцией Im = imadjust(Im, stretchlim(Im),[]). Результат для наглядности представляется на форме под исходным изображением.

Для подсчета пикселей используются функции определения длины вектора *–* length и поиска значений *–* find, которые приведены в листинге 1.

Листинг 1 – Подсчет количества белых и черных пикселей

w=245;

b=10;

white=length(find(Im>=w));

black=length(find(Im<=b));

Определение яруса облака приведено в листинге 2.

Листинг 2 – Определение яруса облака

s=str2num(get(handles.edit1,'String'));

if (s<13 && s>=6)

tier=1;

else if (s<6 && s>=2)

tier=2;

else if s<2

tier=3;

else tier=0;

end

end

end

Распознавание семейства облака происходит по следующему алгоритму из листинга 3.

Листинг 3 – Распознавание семейства облака

if (abs(white-black)<10 && tier==2)

set(handles.text7,'string','Облака среднего яруса, высококучевые или высокослоистые');

else if (white<black && tier==1)

set(handles.text7,'string','Облака верхнего яруса, перисто-кучевые, перисто-слоистые или перистые');

else if (white>black && tier==3)

set(handles.text7,'string','Облака нижнего яруса, слоисто-дождевые, слоисто-кучевые или слоистые');

else set(handles.text7,'string','Облака вертикального развития, кучево-дождевые или кучевые');

end

end

end

В результате распознавания облаков форма «Detected cloud» принимает следующий вид (рисунки 10 – 13):

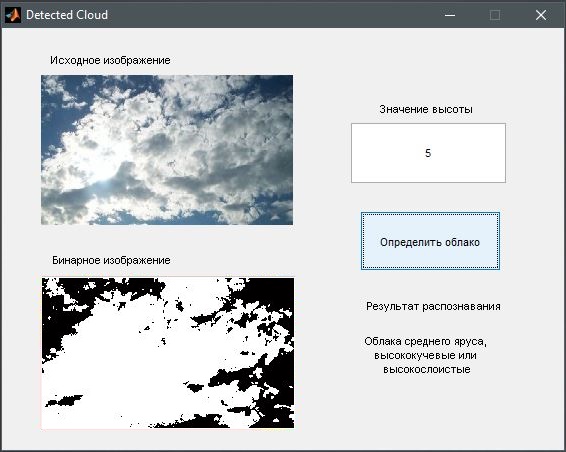


Рисунок 10 - Результат работы алгоритма для высококучевого облака

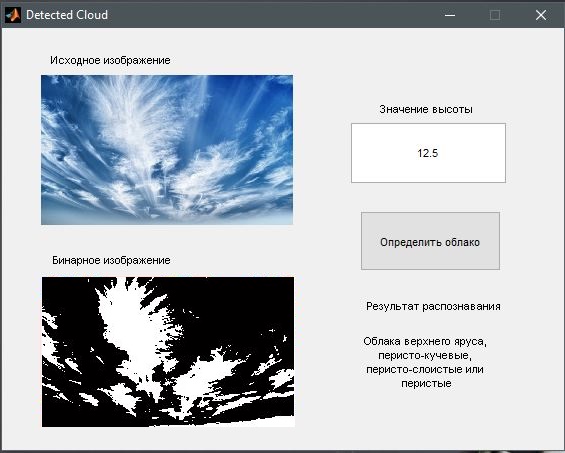


Рисунок 11 – Результат работы алгоритма для перисто-слоистого облака

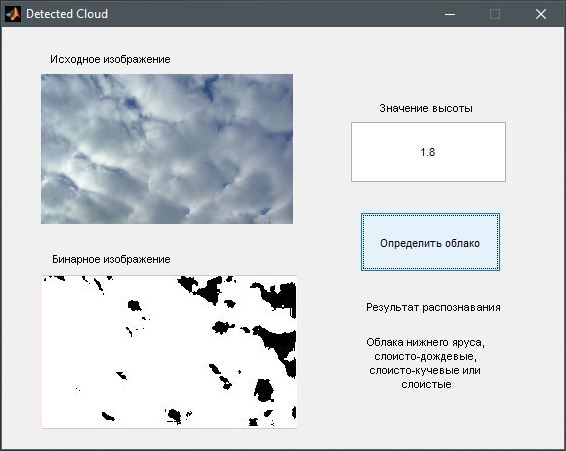


Рисунок 12 - Результат работы алгоритма для слоисто-кучевого облака

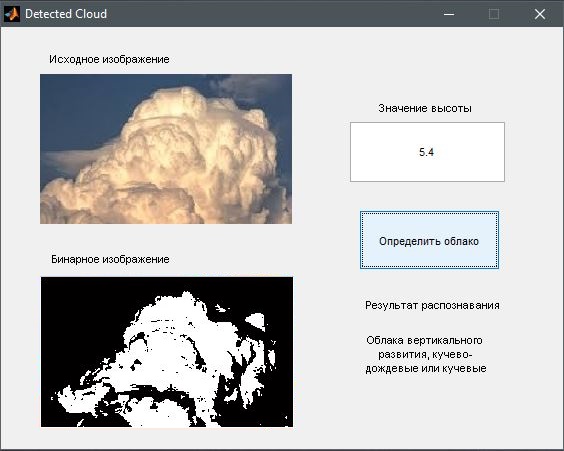


Рисунок 13 - Результат работы алгоритма для кучевого облака

В результате работы программы по разработанному алгоритму удалось определить семейство облака исходя из изображения и данных о высотах.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Облачность – совокупность облаков, наблюдаемых в определенном месте (или территории) в определенный момент или период времени.

При анализе телевизионных снимков не всегда удается точно определить формы морфологической классификации облаков из-за фотографического сходства большинства из них между собой. Поэтому при дешифрировании пользуются условной классификацией, составленной с учетом информативных возможностей фотографии.

Получить классификацию облачности можно следующими способами:

1) На основе результатов наблюдений сети наземных и судовых метеостанций, расположенных по всему миру;

1. классификация облаков по условиям образования;
2. морфологическая классификация облаков.

2) Путем использования методов автоматической классификации облачности на спутниковых снимках;

1. классификация облаков по спутниковым снимкам на основе технологии нейронных сетей;
2. послойная классификация многоярусной облачности на спутниковых снимках MODIS с использованием нейронных сетей.

Обработка и классификация типов облачности реализуется алгоритмом обработки и классификации облаков, представленным на рисунке 8. Данный алгоритм обрабатывает исходное изображение облачности с видеокамеры путем бинаризации и повышения контраста, подсчитывает количество белых и черных пикселей, добавляет данные о ярусе облака, полученные на основании данных о высоте облака с облакомера, и выводит результат распознавания.

В результате работы программы по разработанному алгоритму удалось определить семейство облака исходя из изображения и данных о высотах.