



Российский Государственный Гидрометеорологический Университет (РГГМУ)

«Определение высоты снежного покрова по
многоспектральным спутниковым снимкам»

Исполнитель: Елисеев А.В.
Руководитель: Симакина Т.Е.

Санкт-Петербург, 2024

Цель: Определение высоты снежного покрова

Задачи:

- Произвести анализ исходных данных снегосъемок и создать банк изображений исследуемых регионов
- Рассмотреть основные методы дешифрирования снежного покрова на спутниковых изображениях
- Использовать модель для определения высоты снежного покрова

Объект исследования:

Перевал Камчик (Тянь-Шань)

Перевал Рокский (Кавказские горы)

Актуальность

- Необходимость контроля лавинных процессов для обеспечения безопасности человека
- Получения информации для гидрологических расчетов
- Определение глобальных климатических характеристик и тенденций



За период 2015-2023 из-за влияния лавинных процессов был нанесен ущерб в материальном объеме более 200 млн долларов.

За период 2010-2023 из-за влияния лавинных процессов пострадали 27 человек, 3 летальных исхода.

Исходные данные и инструментарий

NASA LAADS DAAC About LAADS

1 PRODUCTS 2 TIME 3 LOCATION 4 FILES 5 REVIEW & ORDER

MOD021KM (61) 2020-11-13 ... 2020-12-31 W: 67.4°, N: 42°, E: 78.3°, S: 32.8° 52 files selected

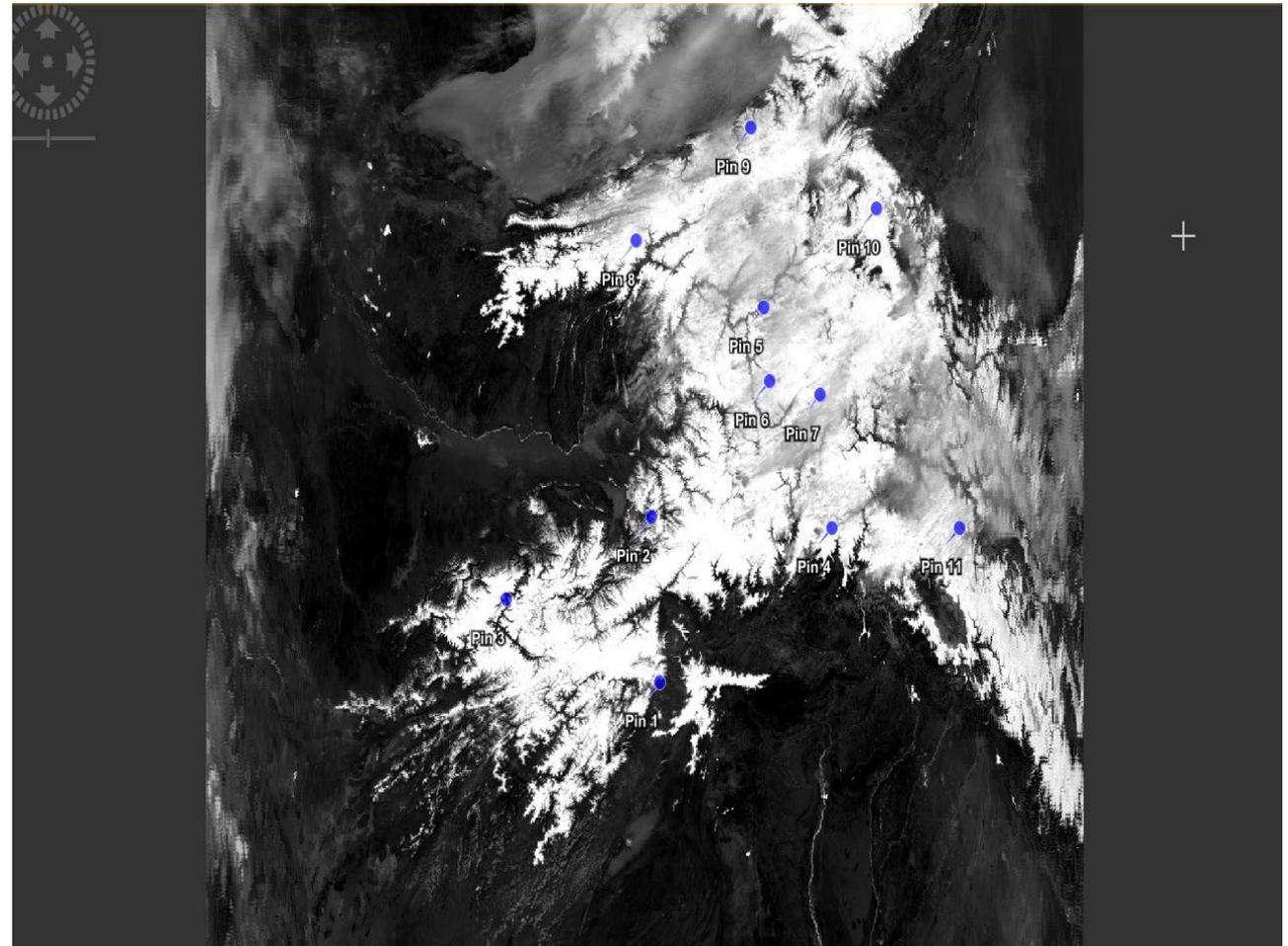
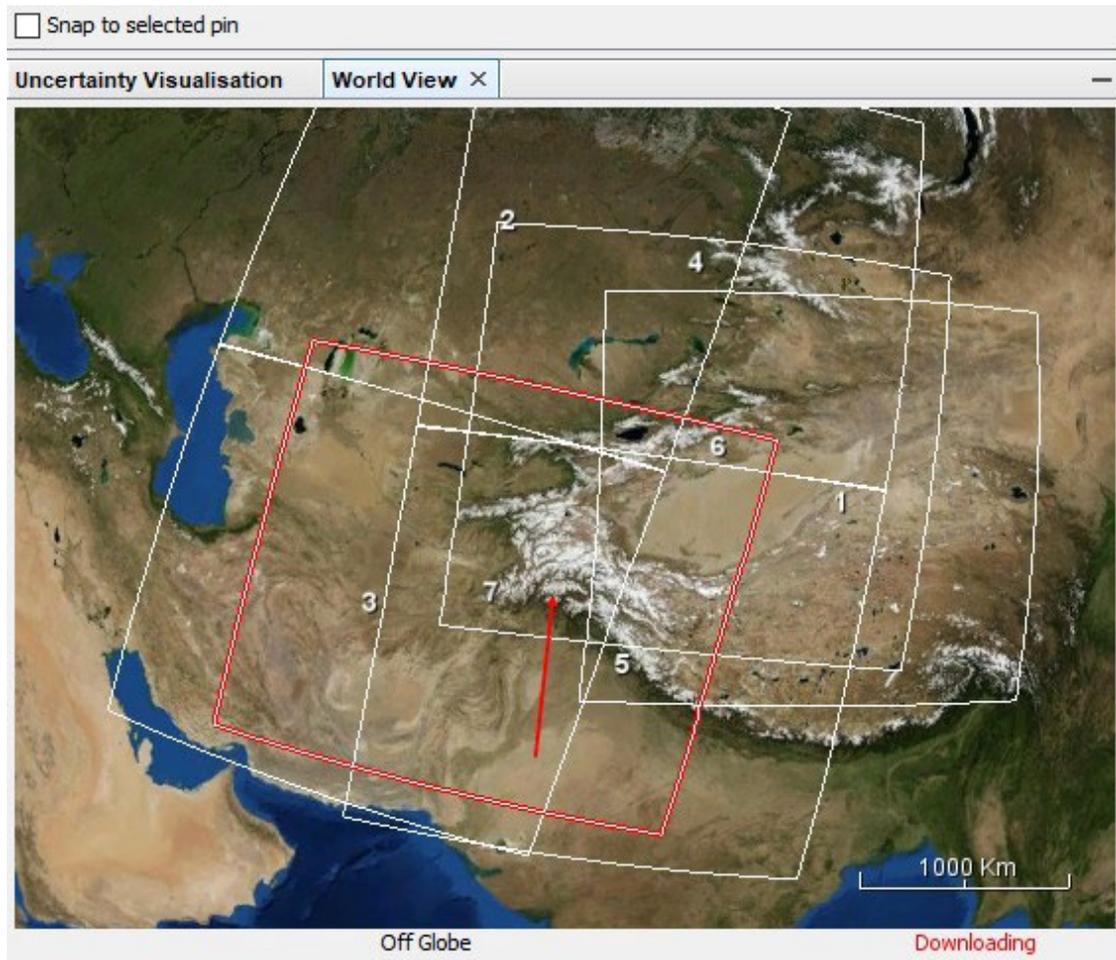
File Name	Thumbnail	File Name	Thumbnail	Date
MOD021KM.A2020322.0610.061.2020322191517.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 06:10:00
MOD021KM.A2020322.0615.061.2020322191808.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 06:15:00
MOD021KM.A2020322.0750.061.2020322191454.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 07:50:00
MOD021KM.A2020322.1540.061.2020323011437.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 15:40:00
MOD021KM.A2020322.1715.061.2020323011427.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 17:15:00
MOD021KM.A2020322.1720.061.2020323011604.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-17 17:20:00
MOD021KM.A2020323.0515.061.2020323131705.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 05:15:00
MOD021KM.A2020323.0520.061.2020323131643.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 05:20:00
MOD021KM.A2020323.0655.061.2020323191800.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 06:55:00
MOD021KM.A2020323.0700.061.2020323191820.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 07:00:00
MOD021KM.A2020323.1620.061.2020324012254.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 16:20:00
MOD021KM.A2020323.1625.061.2020324012223.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 16:25:00
MOD021KM.A2020323.1800.061.2020324070936.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 18:00:00
MOD021KM.A2020323.1805.061.2020324071024.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-18 18:05:00
MOD021KM.A2020324.0600.061.2020324190947.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-19 06:00:00
MOD021KM.A2020324.0605.061.2020324190906.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-19 06:05:00
MOD021KM.A2020324.1530.061.2020325011434.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-19 15:30:00
MOD021KM.A2020324.1705.061.2020325011400.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-19 17:05:00
MOD021KM.A2020324.1710.061.2020325011344.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-19 17:10:00
MOD021KM.A2020325.0505.061.2020325131031.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-20 05:05:00
MOD021KM.A2020325.0510.061.2020325131036.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-20 05:10:00
MOD021KM.A2020325.0645.061.2020325192053.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-20 06:45:00
MOD021KM.A2020325.1610.061.2020326010641.hdf		MOD021KM (61)		2020-11-20 16:10:00

№ п/п	Период лавинной опасности	Осадки мм	Температура воздуха С°			Скорость ветра, ср./макс. м/с	Высота снега на м/п., см.	Продолж. метел. явления, час	Кол-во Лавин	Место схода лавин, № л/с	Ущерб
			Сред. Н. СУТ.	Мин.	Макс.						
1	28.11.2020	10,1	-4,8	-7,7	0,8	7/27	36	15:45	1	10	Завал 17 м а/д «северная»
2	20.12.2020	14,2	-4,0	-5,6	-2,9	3/10	41	0:30	3	43 43	Завал 33 м а/д «южная»
3	09.02.2021	26,2	-0,1	-1,0	1,0	7/24	50	07:00	5	43г 436 436 42	Завал 107 м а/д «южная»
4	11.02.2021	5,5	2,0	-0,6	5,8	4/15	48	12:55	1	17	Завал 20 м а/д «северная»

Слева: Спутниковые снимки архив за 2020 год. Банк данных работы – 2015-2023

Справа: Снегосъемные измерения за 2020 год. Банк данных работы – 2016-2023

Исходные данные



Методы дешифровки NDSI

[1] new_band_1 - [MOD021KM.A2020334.0640.061.2020334191808.hdf] - [C:\Users\komc\Desktop\d\MOD021KM.A2020334.0640.061.2020334191808.hdf] - SNAP

File Edit View Analysis Layer Vector Raster Optical Radar Tools Window Help

Product Explorer Pixel Info X

Position			
image-X		Invalid pos.	pixel
image-Y		Invalid pos.	pixel
longitude		Invalid pos.	degree
altitude		Invalid pos.	degree

Time

Bands			
EV_1KM_RefSB_10		Invalid pos.	none
EV_1KM_RefSB_11		Invalid pos.	none
EV_500_Aggr1km_RefSB_6		Invalid pos.	none
new_band_1		Invalid pos.	

Tie-Point Grids

Flags

Snap to selected pin

Navigation - [1]... X Colour Manipulati... Uncertainty Visua... World View

1 : 2.6 0°

X -- Y -- Lat -- Lon -- Zoom -- Level -- Pixel Spacing: -- m -- m

Методы дешифровки RGB синтезирование

[1] RGB - MOD021KM.A2020334.0640.061.2020334191808.hdf - C:\Users\kmc\Desktop\d\MOD021KM.A2020334.0640.061.2020334191808.hdf - SNAP

File Edit View Analysis Layer Vector Raster Optical Radar Tools Window Help

Product Explorer Pixel Info ×

Position	
Image-X	391 pixel
Image-Y	207 pixel
Longitude	61°04'05" E degree
Latitude	42°02'14" N degree

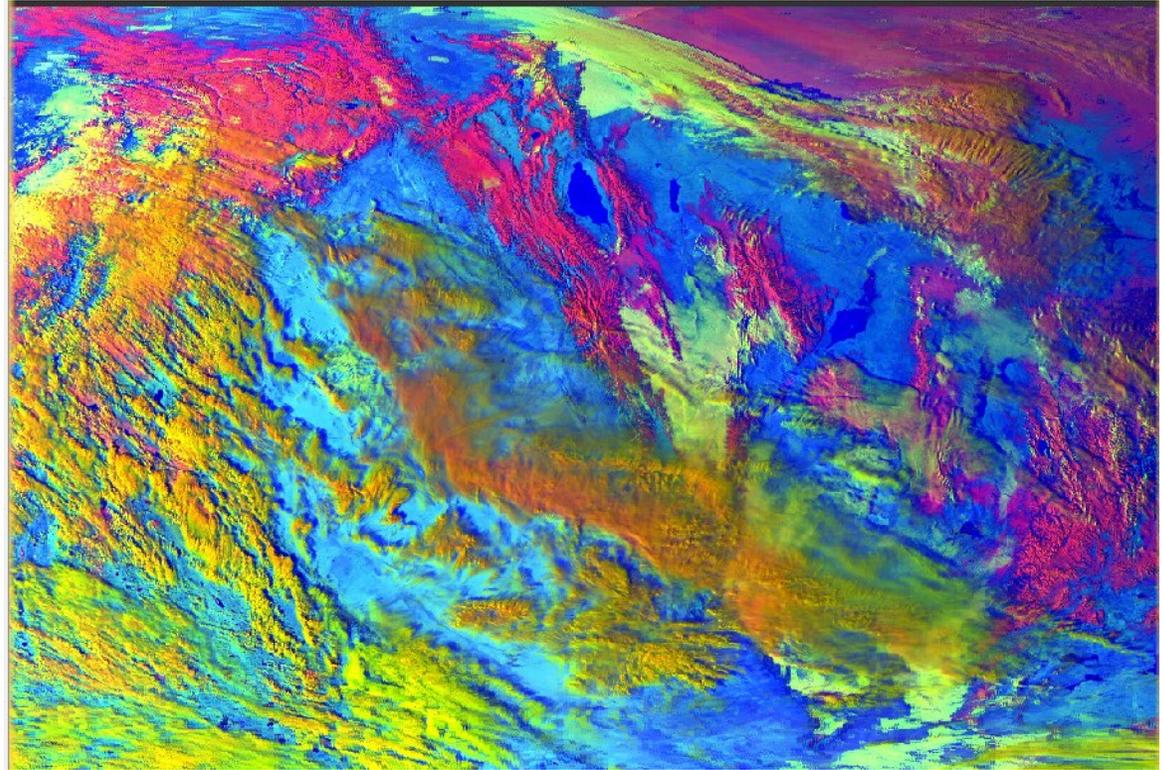
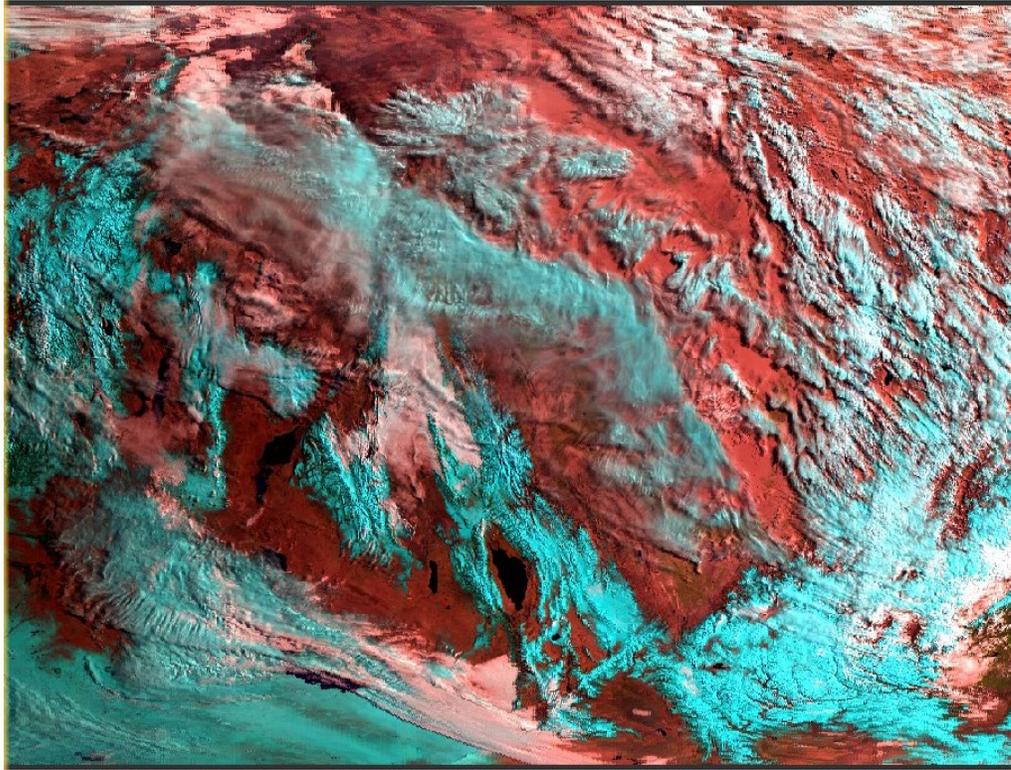
Bands	
EV_1KM_RefSB_10	0.08598 none
EV_1KM_RefSB_11	0.07800 none
EV_500_Aggr1km_RefSB_6	0.10744 none
new_band_1	-0.11091

Navigation - [1]... × Colour Manipulati... Uncertainty Visua... World View

1 : 2.25 0°

X 391 Y 207 Lat 42°02'35" N Lon 61°03'42" E Zoom 1:2.2 Level 1 Pixel Spacing: 1001.67 m 997.09 m

Методы дешифровки RGB синтезирование



Регрессионный анализ

Регрессия.xlsx - Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Справка Что вы хотите сделать?

Буфер обмена Вставить Вырезать Копировать Формат по образцу Шрифт Calibri 11 Ж К Ч Выравнивание Переносить текст Обобщить Объединить и поместить в центре Число Обычный Плохой Стили

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Дата/Месяц/День	Высота снежного покрова (см)	Регрессия	Яркость Канал 1	Яркость Канал2	Яркость Канал 3								
2	Ноябрь			NDSI индекс	1,6 nm	green			Снег (см)	Канал 1	Канал 2	Канал 3		
3	13	20		0,7	0,16	0,45	0,47541		20	0,7	0,16	0,45		
4	19	40		0,77	0,2	0,5	0,428571		40	0,77	0,2	0,5		
5	24	30		0,8	0,15	0,48	0,52381		30	0,8	0,15	0,48		
6	29	30		0,82	0,14	0,5	0,5625		30	0,82	0,14	0,5		
7	Промежуток	30		0,77	0,13	0,47	0,566667		30	0,77	0,13	0,47		
8	Декабрь								35	0,82	0,11	0,47		
9	5	35		0,81	0,11	0,47			30	0,8	0,13	0,46		
10	10	30		0,8	0,13	0,46			20	0,7	0,17	0,44		
11	15	20		0,7	0,17	0,44			40	0,77	0,15	0,5		
12	21	40		0,77	0,15	0,5			40	0,87	0,1	0,51		
13	24	40		0,87	0,1	0,51			35	0,82	0,13	0,5		
14	29	35		0,82	0,13	0,5			33,33333	0,8	0,14	0,48		
15	Промежуток	33,33333333		0,8	0,14	0,48			30	0,8	0,13	0,48		
16	Январь								20	0,79	0,16	0,44		
17	5	30		0,79	0,13	0,48			30	0,7	0,15	0,48		
18	10	20		0,7	0,16	0,44			35	0,78	0,14	0,44		
19	15	30		0,78	0,15	0,48			40	0,79	0,11	0,42		
20	20	35		0,79	0,14	0,44			25	0,81	0,23	0,44		
21	24	40		0,81	0,11	0,42			30	0,69	0,2	0,5		
22	29	25		0,69	0,23	0,44			20	0,71	0,16	0,44		
23	Промежуток	30		0,77	0,2	0,5			40	0,82	0,12	0,41		
24	Февраль								25	0,7	0,15	0,45		
25	3	20		0,71	0,16	0,44			30	0,76	0,14	0,46		
26	11	40		0,82	0,12	0,41			40	0,8	0,13	0,43		
27	16	25		0,7	0,15	0,45			31	0,75	0,145	0,5		
28	22	30		0,76	0,14	0,46			70	0,9	0,1	0,38		
29	26	40		0,8	0,13	0,43			70	0,89	0,12	0,397		
30	Промежуток	31		0,75	0,145	0,5			70	0,91	0,1	0,38		
31	Март								55	0,87	0,12	0,399		
32	6	70		0,9	0,1	0,38			36	0,82	0,13	0,4		
33	11	70		0,89	0,12	0,397			60,2	0,88	0,11	0,4		
34	15	70		0,91	0,1	0,38								
35	21	55		0,87	0,12	0,399								
36	28	36		0,82	0,13	0,4								
37	Промежуток	60,2		0,88	0,11	0,4								

Факторы: Отражаемость снега для трех каналов съемки (Рисунок для зимнего периода снегосъемок 2021 года, перевал Камчик)

Регрессионный анализ

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множест	0,929564							
R-квадрат	0,864089							
Нормиро	0,728177							
Стандарт	3,582747							
Наблюде	7							
<i>Дисперсионный анализ</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>ачимость F</i>			
Регрессия	3	244,8251	81,60837	6,357734	0,081504			
Остаток	3	38,50823	12,83608					
Итого	6	283,3333						
<i>Коэффициентная статистика - значения ниже 95%, верхние 95%, нижние 95%, средние 95,0%</i>								
Y-пересеч	-83,237	155,4662	-0,5354	0,629518	-578	411,526	-578	411,526
Перемен	23,7459	176,8058	0,134305	0,901665	-538,929	586,421	-538,929	586,421
Перемен	-13,5986	360,8553	-0,03768	0,972307	-1162	1134,804	-1162	1134,804
Перемен	207,224	108,0162	1,918453	0,150867	-136,532	550,9796	-136,532	550,9796
Вывод остатка								
<i>Наблюдения</i>								
1	31,99812	3,001877						
2	29,31498	0,685021						
3	22,25196	-2,25196						
4	36,61959	3,380412						
5	41,74635	-1,74635						
6	38,07886	-3,07886						
7	33,32347	0,009861						

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множест	0,975923							
R-квадрат	0,952425							
Нормиро	0,881064							
Стандарт	2,758972							
Наблюде	6							
<i>Дисперсионный анализ</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>ачимость F</i>			
Регрессия	3	304,7761	101,592	13,34643	0,070506			
Остаток	2	15,22386	7,611929					
Итого	5	320						
<i>Коэффициентная статистика - значения ниже 95%, верхние 95%, нижние 95%, средние 95,0%</i>								
Y-пересеч	26,1479	101,4549	0,257729	0,820711	-410,377	462,6731	-410,377	462,6731
Перемен	58,4821	83,63169	0,699282	0,556759	-301,356	418,3202	-301,356	418,3202
Перемен	-389,176	285,3675	-1,36377	0,305847	-1617,01	838,6617	-1617,01	838,6617
Перемен	34,37078	46,15495	0,744682	0,534077	-164,218	232,9595	-164,218	232,9595
Вывод остатка								
<i>Наблюдения</i>								
1	20,52521	-0,52521						
2	41,49415	-1,49415						
3	24,17585	0,824146						
4	31,92025	-1,92025						
5	37,12016	2,879836						
6	30,76438	0,235623						

Анализ метода

- Получено оценочное регрессионное уравнение описывающие высоту снежного покрова и влияние выбранных факторов

$$L = -111 + (207 * x_1) - (63 * x_2) + (34 * x_3)$$

x_1 x_2 x_3 – яркости пикселя в используемых каналах

L – толщина снега

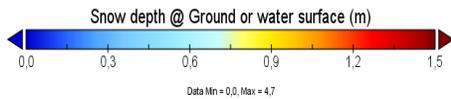
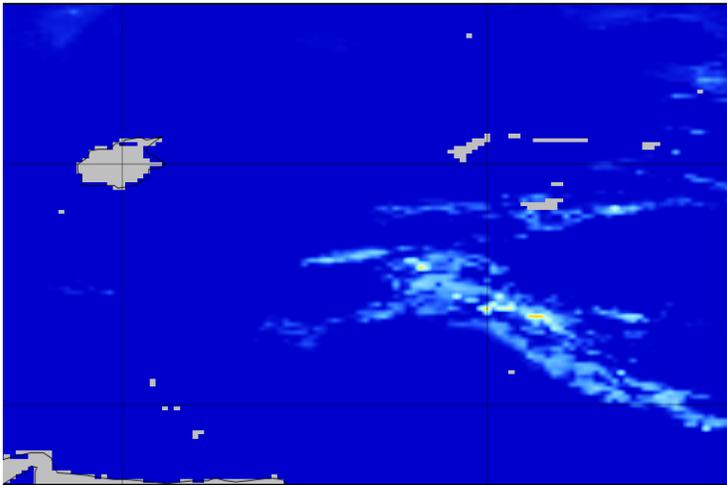
Мы интерпретируем коэффициент для перехвата как означающий, что ожидаемая высота снега, при отсутствии излучения в каналах составляет -111, что можно квалифицировать как отсутствие снега.

Интерпретация результатов

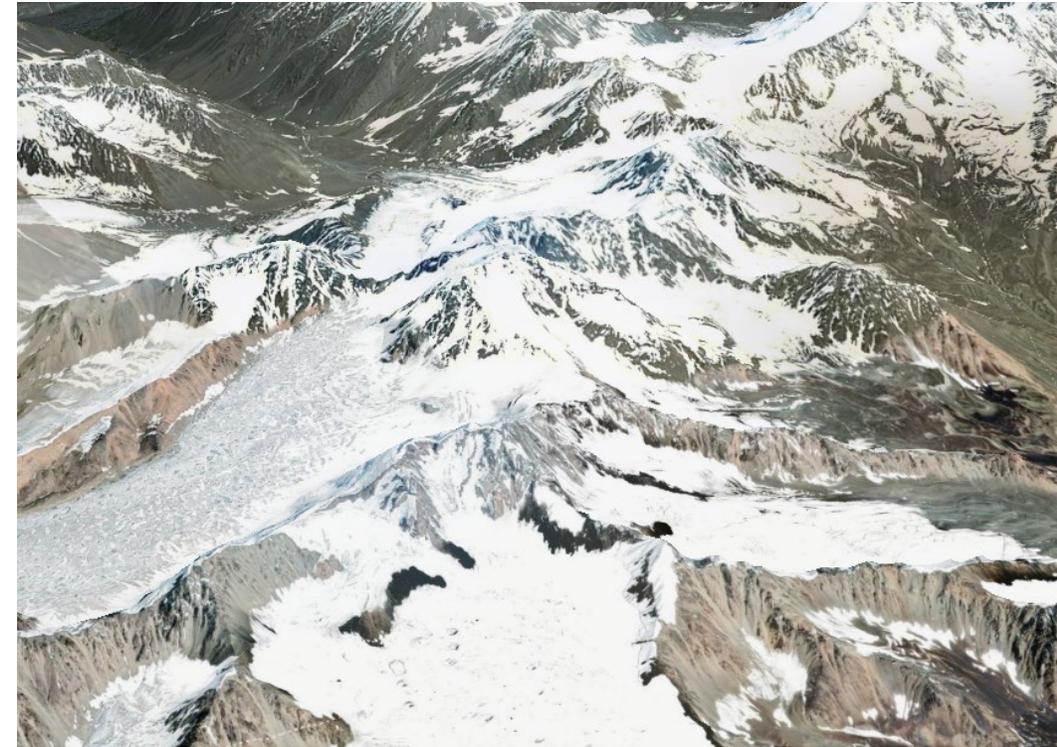
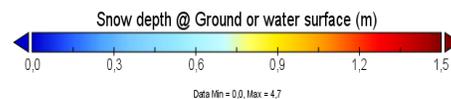
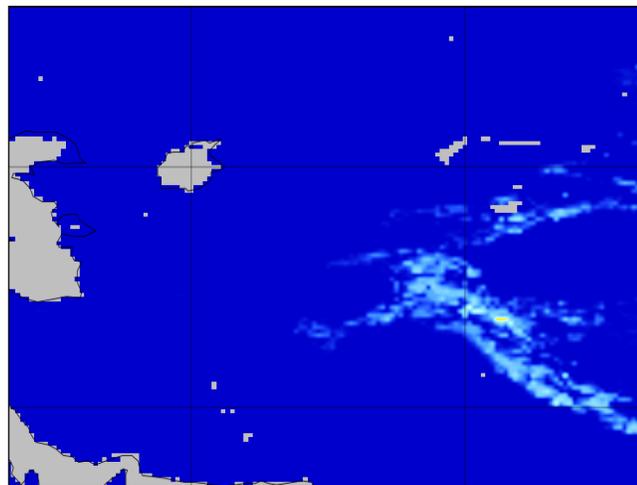
- Множество R (0,805368) - множественная корреляция между переменной и переменными-предикторами
- R-квадрат: (0,790951) - коэффициент детерминации, для дисперсии переменной отклика, которая может быть объяснена объясняющими переменными. В моем анализе 97% вариаций высот снега можно объяснить значением яркости пикселя в разных каналах.
- Скорректированный квадрат R: (0,787723) - представляет собой значение R-квадрата, скорректированное с учетом количества переменных-предикторов в модели.
- Стандартная ошибка (2,55) - среднее расстояние, на которое наблюдаемые значения отходят от линии регрессии.
- Ноябрь 2019 Камчик - Отклонение до 3см. (макс. 4см)
- Ноябрь 2019 Рокский - Отклонение до 2см. (макс. 3см)
- Январь 2021 Камчик - Отклонение до 2 см. (макс. 2см)
- Февраль 2022 Рокский - Отклонение до 3см. (макс. 3см)
- Февраль 2023 Камик - Отклонение до 4см. (макс. 5см)
- Март 2022 Камчик – Отклонение 5 см (макс. 10см)

Дополнительные источники данных и комбинированный поход

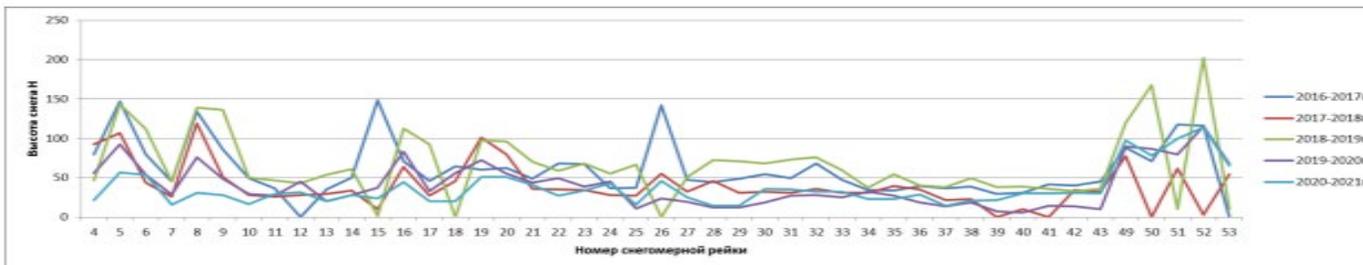
Snow depth @ Ground or water surface



Snow depth @ Ground or water surface



Метод построения карт высот и залеганий снега по данным модели GFS (на слэде сравнение факт/модель) , перевал Камчик



Анализ метода:

Учтенные факторы:

- Отражаемость для трех каналов съемки
- Географическая привязка к местности (наклон, рельеф)
- Состояние снега (зимний период 2021-2022 года, перевал Камчик)
- Фактические снегомерные данные и модельные данные (NCAR GFS)

 gfs.Op25.2020041300.f000.grib2	26.10.2024 9:39	Файл "GRIB2"
 gfs.Op25.2020041300.f003.grib2	26.10.2024 9:40	Файл "GRIB2"
 gfs.Op25.2020042000.f015.grib2	02.11.2024 9:42	Файл "GRIB2"

Анализ метода:

- Ухудшение статистических параметров модели

$$L = -112 + (212 * x_1) + (66 * x_2) - (59 * x_3) - (34 * x_4) + (13 * x_5) + (0,028 * x_6)$$

x_1 x_2 x_3 – яркости пикселя в используемых каналах

X_4 – высота в точке (пиксель)

X_5 – наклонение склона

X_6 – состояние снега

L – толщина снега

Интерпретация результатов

- Множество R (0,695281) - множественная корреляция между переменной и переменными-предикторами
- R-квадрат: (0,68281) - коэффициент детерминации, для дисперсии переменной отклика, которая может быть объяснена объясняющими переменными. 64% вариаций высот снега можно объяснить подобранными параметрами.
- Скорректированный квадрат R: (0,671564) - представляет собой значение R-квадрата, скорректированное с учетом количества переменных-предикторов в модели.
- Стандартная ошибка (3.82) - среднее расстояние, на которое наблюдаемые значения отходят от линии регрессии.
- Январь 2018 Камчик - Отклонение до 4см. (макс. 5,5см)
- Январь 2018 Рокский - Отклонение до 3,5см. (макс. 4,2см)
- Январь 2020 Камчик - Отклонение до 4 см. (макс. 5см)
- Январь 20220 Рокский - Отклонение до 3см. (макс. 4,5см)
- Февраль 2023 Камчик - Отклонение до 3см. (макс. 4см)
- Февраль 2023 Камчик - Отклонение до 5см. (макс. 6см)

Сравнение «Модель-Факт-Спутник»

- 2023 Камчик, точка 1-1А

Дата	Факт (снегосъемка)	Спутниковый снимок	Модель (GFS) 15:00
17 Ноябрь	20 см	21,11 см	15 см
7 Декабрь	22 см	22,43 см	20 см
13 Январь	30,5 см	28,87 см	35 см
18 Февраль	25 см	27,92 см	20 см
23 Март	16,5 см	11,72 см	10 см

Недостатки

The screenshot shows the NASA LAADS DAAC web interface. The main area displays a satellite image titled "Visible Composite" with a grid overlay. The image shows a landscape with some green lines. The interface includes a navigation bar with steps: 1 PRODUCTS, 2 TIME, 3 LOCATION, 4 IMAGES (highlighted), and 5 REVIEW & ORDER. Below the navigation bar, there are filters for "MOD021KM (61)", "2020-11-13 .. 2020-12-31", and "W: 67.4°, N: 42°, E: 78.3°, S: 32.8°". A "45 files selected" indicator is present. On the right, a "Gallery" panel shows a list of files with checkboxes. The selected file is highlighted in green.

Selected Files	Select All	Clear All
<input checked="" type="checkbox"/> MOD021KM (61)	2020-12-06 05:05:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020341.0510.061.2020341130823.hdf MOD021KM (61)	2020-12-06 05:10:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020341.1610.061.2020342010708.hdf MOD021KM (61)	2020-12-06 16:10:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020343.0630.061.2020343211908.hdf MOD021KM (61)	2020-12-08 06:30:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020343.0455.061.2020343131706.hdf MOD021KM (61)	2020-12-08 04:55:00	
<input checked="" type="checkbox"/> MOD021KM.A2020344.0535.061.2020344130848.hdf MOD021KM (61)	2020-12-09 05:35:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020344.0715.061.2020344192246.hdf MOD021KM (61)	2020-12-09 07:15:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020344.1645.061.2020345011722.hdf MOD021KM (61)	2020-12-09 16:45:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020345.1720.061.2020346011649.hdf MOD021KM (61)	2020-12-10 17:20:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020345.1725.061.2020346011625.hdf MOD021KM (61)	2020-12-10 17:25:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020346.0705.061.2020347051517.hdf MOD021KM (61)	2020-12-11 07:05:00	
<input type="checkbox"/> MOD021KM.A2020347.0605.061.2020347191544.hdf MOD021KM (61)	2020-12-12 06:05:00	

Terra Granule Level 1 browse RGB FROM MOD021KM [2020-12-09 05:35:00]
* NOTE - displayed image is not science quality

previous next close menu hide map selected get data save image

Активация Windows
Чтобы активировать Windows, перейдите в раздел "Параметры".

Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System
Privacy Policy and Important Notices

Проблемы географической привязки местности и спутниковых изображений

Недостатки

Высота снега по дистанционным рейкам в зиму 2020-2021 гг.

Таблица П.3.1.

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный коэффициент	0,883939							
R-квадрат	0,781348							
Нормированный коэффициент	0,12539							
Стандартная ошибка	6,612903							
Наблюдения	5							
<i>Дисперсионный анализ</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>значимость F</i>			
Регрессия	3	156,2695	52,08984	1,191156	0,5729			
Остаток	1	43,73049	43,73049					
Итого	4	200						
<i>Коэффициент корреляции</i> -Значения ниже 95% верхние 95% нижние 95,0% средние 95,0%								
Y-пересечение	-97,0447	78,04607	-1,24343	0,431191	-1088,71	894,6245	-1088,71	894,6245
Переменная 1	46,9563	260,335	0,180369	0,886395	-3260,91	3354,826	-3260,91	3354,826
Переменная 2	121,358	274,3768	0,442304	0,734889	-3364,93	3607,646	-3364,93	3607,646
Переменная 3	149,7138	566,7788	0,264149	0,835593	-7051,89	7351,321	-7051,89	7351,321
Вывод остатка								
<i>Наблюдения</i> <i>дискантин</i> <i>Остатки</i>								
1	22,61316	-2,61316						
2	38,24011	1,759886						
3	30,58663	-0,58663						
4	33,30645	-3,30645						
5	25,25364	4,746358						

№ п/п	№ Рейки	№ л/с	Высота установки н.у.м.	Экспозиция	Дата отсчета высоты снега (см)																	
					Ноябрь				Декабрь					Январь								
					13	19	24	29	5	10	15	21	24	29	5	10	15	20	24	29		
1	4	61	2330	ВСВ	20	30	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2	5	61	2350	СВ	30	20	20	30	40	30	30	45	45	40	40	40	40	60	50	40		
3	6	61	2350	СВ	30	20	20	30	30	20	20	35	35	30	30	30	30	50	40	40		
4	7	0	2270	ЮЮЗ	20	30	20	20	20	10	10	20	10	10	0	0	0	20	20	10		
5	8	1а	2375	ЮЮЗ	20	30	20	30	30	20	10	30	30	30	20	20	10	30	30	20		
6	9	1б	2415	ЮЮЗ	30	60	50	50	50	40	10	30	30	30	20	10	0	30	30	10		
7	10	1в	2480	ЮЮЗ	20	20	10	10	10	10	10	30	20	20	20	10	0	20	20	0		
8	11	2	2485	ЗЮЗ	10	40	30	30	30	30	20	40	40	30	30	30	20	40	40	20		
9	12	2	2430	ЗЮЗ	20	50	30	40	40	30	20	40	40	30	30	20	10	30	40	30		
10	13	3	2470	З	20	20	10	20	20	20	10	30	30	20	20	20	10	20	20	10		
11	14	4	2320	ЮЗ	30	20	10	30	30	30	20	40	40	40	40	40	30	30	40	30		
12	15	4	2380	З	20	30	10	20	30	30	20	40	30	30	30	20	20	20	20	0		
13	16	4	2480	ЮЗ	20	50	40	40	50	40	40	60	50	50	50	40	30	30	40	30		
14	17	5	2490	ЗЮЗ	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15	18	5	2500	ЮЗ	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
16	19	5	2495	ЮЮЗ	30	50	40	50	60	50	40	60	50	50	50	50	40	40	60	50		
17	20	6	2475	З	30	50	50	50	50	40	30	60	60	60	60	60	40	50	60	50		
18	21	6	2465	ЗЮЗ	40	40	30	40	40	30	30	50	40	40	40	40	30	40	50	40		
19	22	6	2450	ЗЮЗ	20	40	30	30	30	30	20	50	40	40	40	30	20	20	30	10		
20	23	6	2575	ЮЮЗ	20	40	30	40	40	30	20	30	30	30	50	40	30	30	40	30		
21	24	7	2470	ЮЗ	30	40	30	50	50	40	30	50	50	50	50	50	40	40	50	40		
22	25	7	2570	ЮЮЗ	20	30	10	10	20	20	10	30	20	20	20	20	10	10	10	0		
23	26	7	2510	Ю	20	50	40	50	50	40	30	50	40	40	40	30	20	40	50	40		
24	27	8	2355	ЗЮЗ	30	40	30	20	20	20	10	30	30	30	30	30	20	20	30	20		
25	28	9	2435	ЗЮЗ	20	20	10	10	10	10	10	20	10	10	10	10	0	10	10	5		
26	29	10	2460	ЗЮЗ	20	20	10	10	10	10	10	20	10	10	10	10	0	10	10	5		
27	30	11	2500	З	30	30	20	30	30	30	20	50	50	40	40	30	20	50	50	40		
28	31	11	2560	ЗЮЗ	30	30	20	30	30	30	20	50	40	40	40	30	20	40	50	30		
29	32	11	2520	ЗЮЗ	20	30	20	40	50	40	30	50	40	40	40	30	20	30	40	20		
30	33	12	2440	ЗЮЗ	30	40	40	40	40	30	20	40	40	40	40	40	30	30	40	20		
31	34	12	2420	ЮЗ	20	30	20	40	40	30	20	40	30	30	30	30	20	20	30	10		
32	35	12	2410	ЮЮЗ	30	30	20	40	40	40	30	40	30	30	20	10	0	20	30	10		
33	36	13	2420	ЗЮЗ	30	30	20	30	30	30	20	40	40	40	30	30	20	40	40	20		
34	37	13	2400	ЮЗ	20	20	10	20	20	20	10	20	10	10	10	10	0	10	20	0		
35	38	13	2370	ЮЮЗ	30	30	20	30	30	30	20	40	30	20	10	10	0	20	30	10		
36	39	14	2380	ЮЮЗ	20	20	20	40	40	30	20	40	30	20	10	10	0	20	30	10		
37	40	15	2220	ЮЗ	20	50	40	50	50	40	30	50	50	40	30	20	10	30	40	20		
38	41	16	2320	ЗСЗ	20	30	20	30	30	20	10	30	30	30	20	10	0	30	40	30		
39	42	16	2300	ЗСЗ	20	30	20	30	30	20	10	30	30	30	20	10	0	30	40	30		
40	43	16	2290	ЗЮЗ	20	30	20	20	20	10	10	30	30	30	20	10	0	30	40	40		
41	49	43	2250	С	40	100	85	65	80	70	70	70	70	70	70	70	80	80	60	60		
42	50	43	2300	С	30	100	90	70	80	70	70	80	80	80	80	80	80	80	60	50		
43	51	43	2350	С	30	100	90	70	80	70	70	90	80	80	80	80	80	110	100	90		
44	52	43	2350	С	40	100	90	100	100	90	90	110	100	100	100	100	110	100	80	70		
45	53	43	2050	С	20	80	70	50	60	50	50	60	60	60	60	60	60	60	50	50		
среднее					25	41	31	36	39	33	26	44	39	37	35	32	24	36	40	27		

Требуется постоянная верификация, влияющие факторы вносят погрешность, которая в перерасчете выражается в критичную погрешность высоты снега

Перспективы:

- На примере перевала Камчик были выявлены различные типы лавин:
- 1) Снежные – нестабильный, слоистый
- 1) Сухие – легкий, порошкообразный, подвержен влиянию ветров
- 2) Мокрые – мокрый, тающий снег

Для каждого типа будущей лавины существуют предвестники в канале отражаемости, а именно так как существует влияние состояния снега на его отражаемость в каналах съемки.

Для снежного типа - 0.8 – 0.9 NDSI

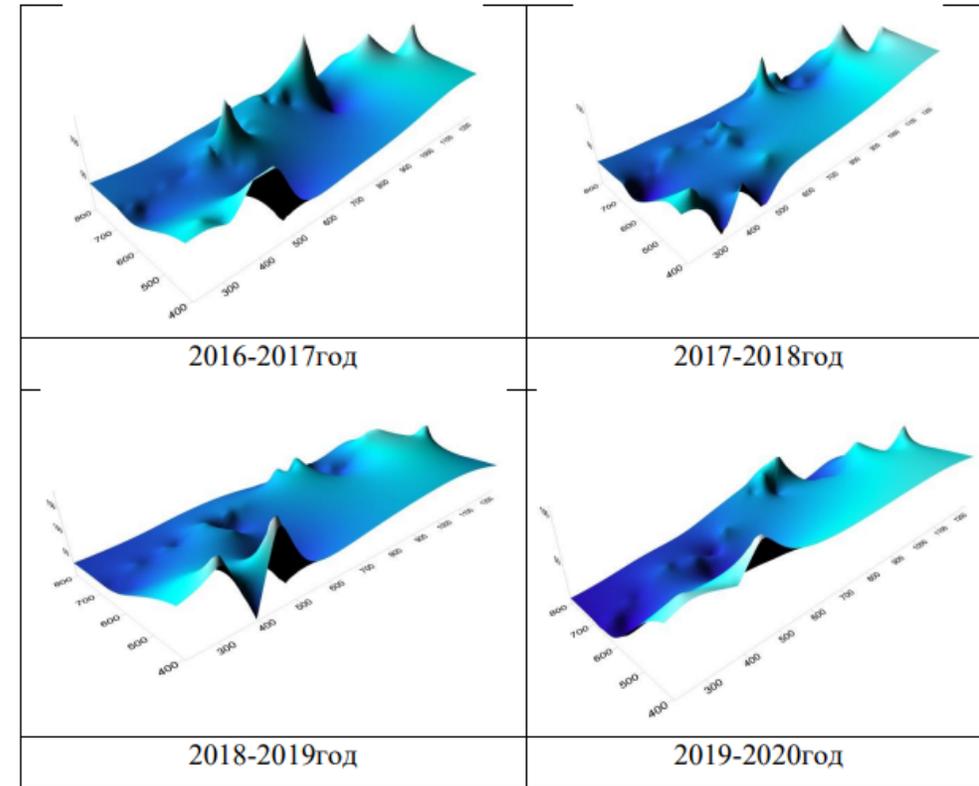
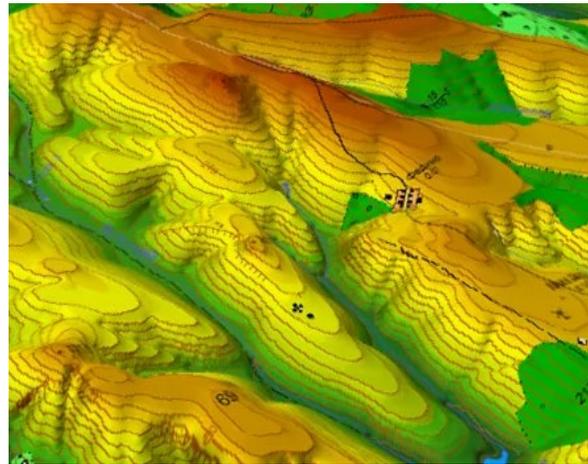
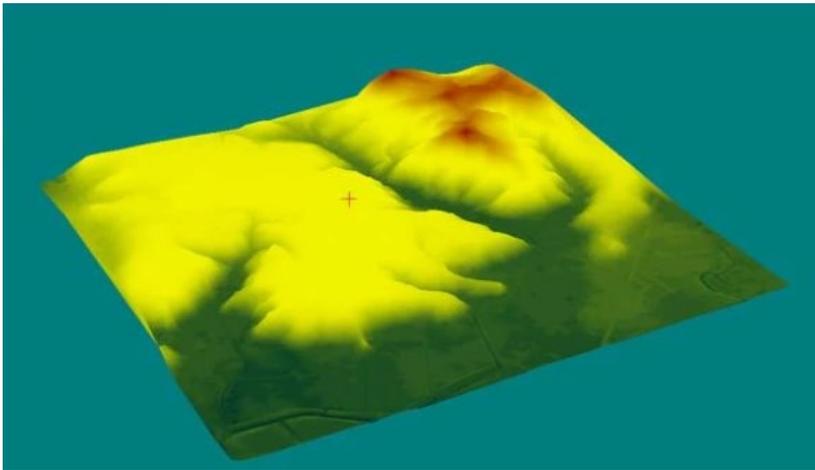
Для сухого типа – 0,69 – 0.75 NDSI

Для мокрого типа – <0.6 NDSI

Для смешанного типа - 0.63- 0.65 NDSI

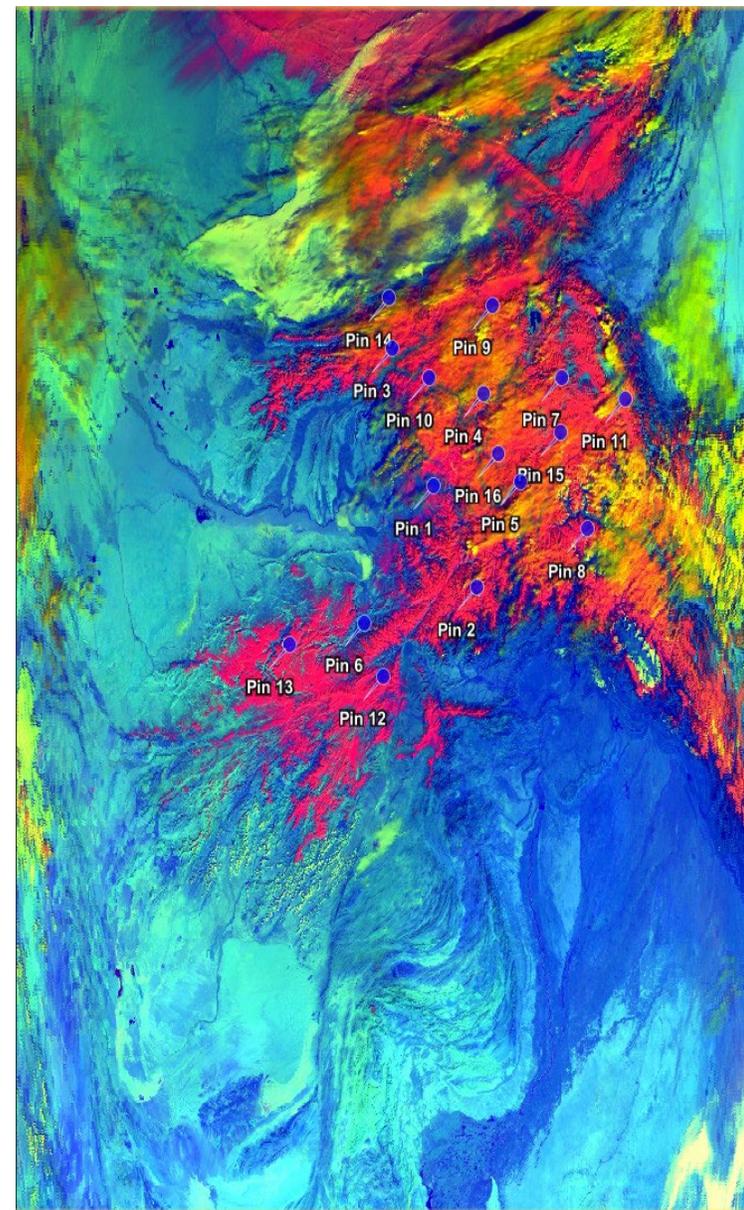
Перспективы:

- Применение ГИС технологий для упрощения работы в целях гидрологических, метеорологических расчетов, обеспечения безопасности жизнедеятельности за счет применения дистанционных методов зондирования Земли.



Выводы:

1. Требуются новые подходы в изучении снежного покрова для обеспечения безопасности деятельности человека.
2. Существует необходимость корректировки исследований с применением спутниковых изображений средствами проведения ручных измерений.
3. Высота снега может быть определена с помощью многоспектральных спутниковых изображений.
4. Выявленная зависимость высоты снежного покрова и яркости на каналах мультиспектральных изображений требует дальнейшего изучения.



Благодарю за внимание!