

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВ

Палилкин А.А.

Научные руководители: профессор Строкова Л.А., доцент Никитенков А.Н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность данного исследования заключается в достаточно широком распространении многолетнемёрзлых грунтов на территории Российской Федерации. Для определения температуры грунтов, возможны расчёты согласно СП 25.13330.2020, в которых температуры земной поверхности берутся по ближайшей метеостанции. В связи с малонаселённостью северных регионов эти станции могут находиться достаточно далеко от площадок строительства и эксплуатации сооружений.

Таким образом, целью работы является – оценка использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов, что является очень актуальным вопросом.

Для выполнения поставленной цели – нами выполнено определение температуры земной поверхности по данным космоснимков, расчетного значения температуры грунтов и сравнение полученных данных с реальными замерами температур воздуха и грунтов, для выявления связи между этими данными.

В качестве исходных данных будут: спутниковые снимки, данные с метеостанции и данные реальных замеров температур.

За основу были взяты пока ещё доступные спутниковые снимки программы Landsat, конкретно Landsat 8. Спутник выведен на орбиту Национальным управлением космонавтики США и Геологической службой США. Данный спутник выполняет до 400 мультиспектральных снимков в сутки с разрешением до от 100 до 15 м на точку. Путём комбинации снимков различных каналов и их обработки можно получать различные данные, которые потом можно интерпретировать в удобоваримый формат. Для этого была проведена следующая работа:

Взяв за основу настоящие данные полевых измерений, для будущего сравнения, был произведён их анализ и отбраковка по тем или иным причинам скважин термокаротажа. Были отсеяны выработки с явными грубыми ошибками. Затем был осуществлён перевод плоских координат в WGS-84 (систему координат, в которой сохраняются снимки Landsat 8). Крайние скважины были нанесены на общедоступные карты Планеты Земля Google, и там же были подобраны ближайшие метеостанции и определены их координаты. Ближайшей является метеостанцией Ныда на берегу Обской губы, а сама площадка наблюдений находится в 190 км восточнее на той же широте. На сайте Геологической службы США был выбран интересующий нас регион, чтобы захватывать и места, полевых измерений и площадь метеостанции. Для отбора снимков указали такие граничные условия как: период, за который нас они интересуют – это с 21 марта 2018 г. по 8 мая 2018 г., облачность менее 10 % – так как облака достаточно хорошо экранируют и вносят искажения в снимки. После этого были скачаны соответственно снимки, которые попадают в нашу область интересов. Таким образом мы получили 5 снимков захватывающие метеостанцию Ныда и 7 снимков по площадке полевых измерений.

Далее снимки были загружены в программный комплекс ArcGIS и на основе документации NASA была произведена их обработка:

1. Сначала было посчитано спектральное излучение на верхней границе атмосферы;
2. Затем была рассчитана яркостная температура с использованием метаданных спутника;
3. После этого был рассчитан пересчётный коэффициент на основе нормализованного относительного индекса растительности;
4. И в конечном итоге мы получили температуру поверхности.

Возле каждой скважины были построены буферные зоны по 100 м для захвата 3 соседних ячеек для получения локальной оценки, чтобы исключить локальные экстремальные термические отклонения, такие как тепло от работающих механизмов, возможных костров и т. д. То есть внутри этой буферной зоны за каждый доступный день наблюдения данные по температуре осреднялись. Затем вокруг каждой скважины и метеостанции Ныда снимались показания температуры поверхности со получившихся расчётным путём слоёв. Все данные заносились в электронную таблицу на основе Microsoft Excel, в которой и проводились дальнейшие расчёты. С сайта meteo.ru был скачан архив доступных данных по температуре воздуха и толщине снежного покрова по метеостанции.



Рис. 1. Исходные данные для проведения исследований (данные дистанционного зондирования Земли, наблюдения на метеостанции и полевые измерения грунтов)

Для проверки принципиальной гипотезы о возможности использования такого способа оценки температур поверхности была проведена обработка 5 пар данных по метеостанции. Получившиеся данные статобработки признаны хорошими и по итогу коэффициент корреляции составил 0,925, что говорит о хорошей, устойчивой и вероятно прямой связи между этими наборами данных.

Таблица

Результаты проверки и корреляции температур

Дата	Метеостанция Ныда			Снимок
	миним.	средняя	максим.	
24.03.2018	- 36,9	- 31	- 23,5	- 28,2
26.03.2018	- 31,4	- 22,6	- 13,3	- 32,9
02.04.2018	- 29	- 23,5	- 18,1	- 24,4
27.04.2018	- 7,2	- 1,1	4,6	- 1,8
06.05.2018	- 15,9	- 10,1	- 5,1	- 10,4
Коэффициент корреляции				0,925

Затем данные по измерениям в скважинах были отсортированы и критически оценены, отбракованы либо откорректированы. В итоге получилось два массива температур по 143 значения:

1. температуры по снимкам;
2. температуры по данным метеостанции Ныда.

Используя высказанное ранее предположение, что связь между наборами данных прямая, была произведена статистическая обработка отношения температуры со снимка к измеренной температуре на метеостанции согласно ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

В итоге осталось 100 пар данных. Были отбракованы резко выделяющиеся отклонения, связанные с инертностью термодинамических процессов.

По этим данным была произведена попытка расчёта коэффициента корреляции, который составил 0,872, что опять же говорит об устойчивой связи этих температур. То есть на конкретном примере мы получили связь между температурой некой ближайшей метеостанции и данными спутниковых снимков, что позволяет нам использовать более точные значения температур окружающего воздуха для дальнейшего этапа работ. В производственном, прикладном плане это может иметь значение при выборе теплоизолирующих материалов, что позволит уменьшить расходы на них, либо наоборот предусмотреть дополнительную защиту окружающей среды от отепляющего воздействия сооружения, что в конечном итоге так или иначе всё равно связано с экономической составляющей для ликвидации негативных последствий процессов оттаивания.

Далее в связи с большим объёмом обрабатываемых данных была произведена выборка термометрических скважин по возможности с разными грунтами, слагающими разрез.

Согласно СП 25.13330.2020 были рассчитаны теплофизические характеристики грунтов, и как итог – расчётные температуры грунтов на различных глубинах.

Затем была проверена гипотеза о связи теоретических, расчётных данных с данными полевых измерений, произведена их статистическая обработка и анализ получившихся результатов.

В итоге после обработки данных из 11 пар температур – расчётной и измеренной осталось по 7-8, по которым статистическая обработка укладывается в допустимые пределы. При графическом отображении результатов прослеживается зависимость, про которую, конечно, пока ещё сложно говорить уверенно, что её можно описать некими формулами, так как необходимо проводить более детальные и длительные расчёты, связанные с большим объёмом данных. Этих данных как раз и не хватает, так как в настоящее время это большая проблема в получении достоверных данных что от изыскательских организаций (их в принципе достать проблематично, но есть и другой момент: для более правильной, точной оценки необходимы именно достоверные данные, а не «подрисованные», «по аналогии» и т.п.), что от государственных организаций, таких как станции Гидрометеослужбы Российской Федерации (здесь считая, что их данные «условно достоверные», хотя тоже встречаются явные вылеты значений например, большую часть проблемы составляют экономические затраты на получение источников).

Таким образом, получив уже такие зависимости, можно сделать выводы о том, что для оценки температуры грунтов вполне можно использовать данные дистанционного зондирования Земли.

Литература

1. Официальный сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/>.
2. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/573659326>.