

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra geomatiky



Semestrální práce
155UZPR Úvod do zpracování prostorových dat

Skupina A

Bc. Monika Křížová
Bc. Marek Hoffmann
Bc. František Mužík

Sledování pohybu ledovců v letech 2015–2020

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geomatika

Praha 2021

Obsah

1	Úvod a cíl projektu	3
2	Zdroje dat	3
2.1	GLIMS	3
2.2	ArcGIS Hub	3
3	Použitý software	4
4	Import vrstev do databáze	4
5	Struktura databáze	5
5.1	Tabulky glims_polygons	5
5.2	Tabulka kontinenty	7
5.3	Tabulka zeme	8
6	Validace a kontrola dat	8
7	Prostorové a atributové dotazy	9
8	Závěr	13

1 Úvod a cíl projektu

Dokumentace k semestrálnímu projektu *Sledování pohybu ledovců v letech 2015–2020*, který byl vytvořen v rámci předmětu 155UZPR Úvod do zpracování prostorových dat na FSV ČVUT v zimním semestru 2020–2021. Semestrální projekt vypracovali Bc. Monika Křížová, Bc. Marek Hoffmann a Bc. František Mužík.

Cílem projektu bylo na základě prostorových a atributových dotazů určit pohyb a stav ledovců mezi roky 2015–2020. Změny byly zkoumány také dle území jednotlivých států či kontinentů, jejichž hranice jsou taktéž součástí databáze. Mezi sledované jevy patřily například změny rozlohy ledovců nebo poměru pevninských a oceánských ledovců na vybraném území.

2 Zdroje dat

Vstupní data pro práci byla získána ze dvou zdrojů – ze serveru GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) [3] a z ArcGIS Hub [1]

2.1 GLIMS

GLIMS, aneb Global Land Ice Measurements from Space (obrázek 1) je iniciativa určená ke sledování světových ledovců pomocí satelitních dat. Data získaná díky této iniciativě, byla použita v řadě projektů, přičemž jedním z nejzajímavějších výstupů je stejnojmenná kniha z roku 2014 [4].

Databáze GLIMS zdarma poskytuje data o ledovcích z celého světa již od roku 2015. Data v sobě zahrnují jak pevninské, tak oceánské ledovce. Podrobný výpis atributů je sepsaný v kapitole 5. Distribuce dat probíhá v souřadnicovém systému WGS–84 (EPSG: 4326).



Obrázek 1: Logo GLIMS.

2.2 ArcGIS Hub

ArcGIS Hub (obrázek 2) je platforma umožňující sdílení dat v rámci komunity uživatelů Esri. Je volně přístupná a pro stažení dat není nutné mít vytvořený uživatelský účet [1].

Na příslušném webu [1] je možné vyhledávat data na základě širokého spektra filtrů (dle zdroje, kategorie, regionu, atd.). Po otevření vyhledaného datasetu se zobrazí jeho náhled v mapě, stručný popis, výčet atributů, přímá možnost tvorby webové mapy nebo stažení souboru do počítače. Z této platformy byly získány vrstvy zemí a kontinentů v souřadnicovém systému WGS–84 (EPSG: 4326).



Obrázek 2: Logo ArcGIS Hub.

3 Použitý software

Pro zpracování projektu byl použit open source software QGIS [7] ve verzi 3 . 14 . 15. Tento software s pomocí modulu *Správce databází*, umožňuje práci s objektově – relačním databázovým systémem PostgreSQL [6] (obrázek 3).

Správce databází dovoluje nahlížení na data z pohledu databáze, provádění SQL příkazů, import nových vrstev nebo zobrazení dat v mapovém okně.



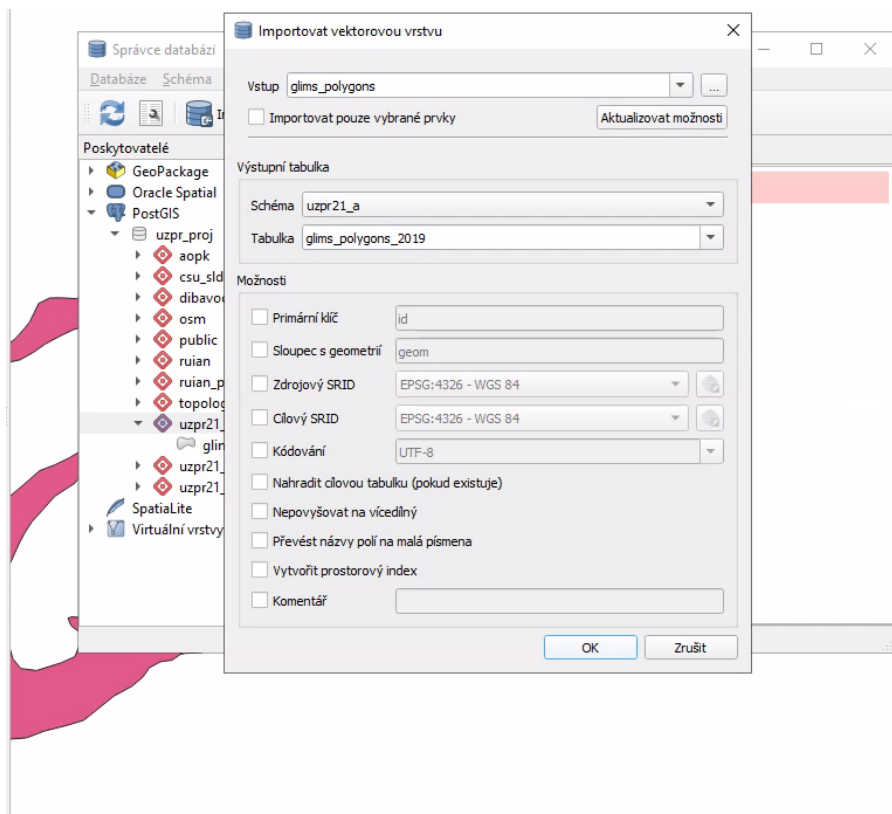
Obrázek 3: Loga PostgreSQL [6] (vlevo) a QGIS [7] (vpravo).

4 Import vrstev do databáze

Import vrstev stažených ze zdrojů, které byly popsány v kapitole 2, proběhl v prostředí softwaru QGIS. Databáze pro projekt byla dopředu vytvořena vyučujícím Ing. Martinem Landou, Ph.D. Nebylo tedy potřeba databázi vytvářet od úplného počátku.

Nejprve bylo nutné stažený shapefile s vrstvou zobrazit v mapovém okně, protože pak se vrstva zobrazila v nabídce *Vstup*, která se nachází v záložce *Importovat vektorovou vrstvu*. Tuto záložku lze nalézt ve *Správci databází* pod ikonou *Importovat vrstvu/soubor*. Při importu bylo nutné sledovat několik podmínek pro výstupní tabulku – správně zvolené schéma, správnou vstupní vrstvu, souřadnicový systém (již výše zmíněný WGS-84) a další možnosti, které jsou zobrazeny na obrázku 4.

Import trval poměrně dlouhou dobu (cca 30 minut pro každou vrstvu s ledovci), tudíž byl výhradně prováděn přes vzdálený přístup Citrix [2].



Obrázek 4: Import vrstev do databáze v prostředí programu QGIS.

5 Struktura databáze

Struktura databáze se dělí na 3 hlavní skupiny tabulek – ledovce mezi lety 2015–2020 (*glims_polygons_20***), kontinenty (*kontinenty*) a státy (*zeme*). Podrobnější struktury jednotlivých tabulek jsou na obrázcích 5, 6 a 7.

5.1 Tabulky *glims_polygons*

- **id**: jednoznačné číslo v tabulce
- **geom**: označení typu geometrie
- **line_type**: kategorie ohraničující linie
- **anlys_id**: číslo pro práci v rámci GLIMS
- **glac_id**: jednoznačné číslo ledovce
- **anlys_time**: čas porřízení záznamu
- **area**: rozloha ve čtverečních kilometrech ze záznamů analytika
- **db_area**: rozloha ve čtverečních kilometrech z výpočtu v databázi
- **width**: šířka ledovce v metrech
- **length**: délka ledovce v metrech

- **primeclass:** klasifikace ledovce dle World Glacier Monitoring Service (WGMS)
- **min_elev:** nadmořská výška nejnižší části ledovce v metrech
- **mean_elev:** průměrná nadmořská výška ledovce v metrech
- **max_elev:** nadmořská výška nejvyšší části ledovce v metrech
- **src_date:** datum pořízení záznamu
- **rec_status:** status záznamu
- **glac_name:** název ledovce
- **wgms_id:** jednoznačné označení ledovce dle WGMS
- **local_id:** jednoznačné označení ledovce dle GLIMS
- **glac_stat:** stav ledovce
- **subm_id:** označení ledovce dle GLIMS
- **release_dt:** datum, po kterém jsou záznamy zveřejněny
- **proc_desc:** popis zpracování obrysů ledovce
- **rc_id:** označení pro regionální centrum GLIMS
- **geog_area:** geografický region
- **chief_affl:** příslušnost vedoucího regionálního centra
- **submitters:** zadavatel
- **analysts:** analytik

#	Jméno	Typ	Délka	Null	Výchozí	Komentář
1	id	int4	4	N	nextval('glims_polygons_2015_id_seq'::regclass)	
2	geom	geometry (MultiPolygonZ,4326)		Y		
3	line_type	varchar (20)		Y		
4	anlys_id	numeric		Y		
5	glac_id	varchar (20)		Y		
6	anlys_time	varchar (20)		Y		
7	area	numeric		Y		
8	db_area	numeric		Y		
9	width	numeric		Y		
10	length	numeric		Y		
11	primeclass	numeric		Y		
12	min_elev	numeric		Y		
13	mean_elev	numeric		Y		
14	max_elev	numeric		Y		
15	src_date	varchar (20)		Y		
16	rec_status	varchar (20)		Y		
17	glac_name	varchar (50)		Y		
18	wgms_id	varchar (31)		Y		
19	local_id	varchar (22)		Y		
20	glac_stat	varchar (20)		Y		
21	subm_id	numeric		Y		
22	release_dt	varchar (20)		Y		
23	proc_desc	varchar (255)		Y		
24	rc_id	numeric		Y		
25	geog_area	varchar (72)		Y		
26	chief_affl	varchar (70)		Y		
27	parent_id	varchar (20)		Y		
28	submitters	varchar (80)		Y		
29	analysts	varchar (80)		Y		

Obrázek 5: Podrobná struktura tabulky *glims_polygons_20***.

5.2 Tabulka kontinenty

- **id**: jednoznačné číslo v tabulce
- **geom**: označení typu geometrie
- **fid**: jednoznačné číslo v tabulce
- **continent**: název kontinentu
- **sqmi**: rozloha ve čtvrtěčnicích mílích
- **sqkm**: rozloha ve čtverečnicích kilometrech
- **shape_are**: délka ohraničujícího polygonu
- **shape_len**: rozloha polygonu

#	Jméno	Typ	Délka	Null	Výchozí	Komentář
1	id	int4	4	N	nextval('kontinenty_id_seq'::regclass)	
2	geom	geometry (MultiPolygon,4326)		Y		
3	fid	int4	4	Y		
4	continent	varchar (13)		Y		
5	sqmi	numeric		Y		
6	sqkm	numeric		Y		
7	shape_are	numeric		Y		
8	shape_len	numeric		Y		

Obrázek 6: Podrobná struktura tabulky *kontinenty*.

5.3 Tabulka zeme

- **id**: jednoznačné číslo v tabulce
- **geom**: označení typu geometrie
- **fid**: jednoznačné číslo v tabulce
- **country**: název území
- **iso**: zkratka území
- **countryaff**: název státu, který území spravuje
- **aff_iso**: zkratka státu
- **shape_leng**: délka ohraničujícího polygonu
- **shape_area**: rozloha polygonu

#	Jméno	Typ	Délka	Null	Výchozí	Komentář
1	id	int4	4	N	nextval('zeme_id_seq'::regclass)	
2	geom	geometry (MultiPolygon,4326)		Y		
3	fid	int4	4	Y		
4	country	varchar (40)		Y		
5	iso	varchar (2)		Y		
6	countryaff	varchar (32)		Y		
7	aff_iso	varchar (2)		Y		
8	shape_leng	numeric		Y		
9	shape_area	numeric		Y		

Obrázek 7: Podrobná struktura tabulka *zeme*.

6 Validace a kontrola dat

Pomocí funkcí *st_isvalid* a *st_isvalidreason* byla provedena kontrola validace dat, zjištěné výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Výčet nevalidních prvků v tabulkách

tabulka	zeme	kontinenty	glims2015	glims2020
celkem prvků v tabulce	249	8	307159	548914
z toho nevalidních	0	0	7248	19231
Ring Selfintersection	0	0	5996	15370
Interior is disconnected	0	0	0	1
Selfintersection	0	0	1190	3647
Duplicate Rings	0	0	62	213

Výpočet počtu nevalidních prvků

```
select count(*)
from glims_polygons_2015
where st_isvalid(geom) is false
```


Zjištění důvodu nevalidity dat

```
select st_isvalidreason(geom)
from glims_polygons_2015
where st_isvalid(geom) is false
```

Validace dat

```
create table g15valid as
(
select id, geom, glac_name from glims_polygons_2015
where st_isvalid(glims_polygons_2015.geom) is false
)
alter table g15valid add primary key (id)
update g15valid set geom =
st_multi(st_collectionextract(st_makevalid(geom),3))
update glims_polygons_2015 set geom = g15valid.geom
from g15valid
where glims_polygons_2015.id = g15valid.id
drop table g15valid
```

Kontrola validace dat

```
select count(*)
from glims_polygons_2015
where st_isvalid(geom) is false
```

7 Prostorové a atributové dotazy

1. Jak se změnila rozloha ledovce Vatnajokull, největšího ledovce Islandu a druhého největšího ledovce Evropy?

```
select round(
(select st_area(st_transform(st_union(l2015.geom), 5638))/1e6
from glims_polygons_2015 as l2015 --LAEA Europe
join zeme as z on st_intersects(l2015.geom,z.geom)
where country = 'Iceland'
and glac_name = 'Vatnajokull')::numeric -
(select st_area(st_transform(st_union(l2020.geom), 5638))/1e6
from glims_polygons_2020 as l2020 --LAEA Europe [m]
join zeme as z on st_intersects(l2020.geom,z.geom)
where country = 'Iceland'
and glac_name = 'Vatnajokull')::numeric, 2)
```

Výsledek: změna o 66,91 km²

2. Jaký je procentuální úbytek rozlohy ledovce Vatnajokull v rozmezí let 2015–2020?

```
select 100 - round(
(select st_area(st_transform(st_union(l2020.geom), 5638))/1e6
from glims_polygons_2020 as l2020 --LAEA Europe [m]
join zeme as z on st_intersects(l2020.geom,z.geom)
where country = 'Iceland'
and glac_name = 'Vatnajokull')::numeric *100 /
(select st_area(st_transform(st_union(l2015.geom), 5638))/1e6
from glims_polygons_2015 as l2015 --LAEA Europe
join zeme as z on st_intersects(l2015.geom,z.geom)
where country = 'Iceland'
and glac_name = 'Vatnajokull')::numeric, 2)
```

Výsledek: 0,82 %

3. Jaký je největší ledovec v databázi? Jaká je jeho rozloha? EPSG: 6933 – NSDIC EASE

```
select DISTINCT glac_name, db_area, geom, geog_area
from uzpr21_a.glims_polygons_2020
where db_area = (select max(db_area) from
uzpr21_a.glims_polygons_2020);
```

NEBO:

```
select round(st_area(st_transform(geom, 6933))::numeric/1e6,2),
glac_name from glims_polygons_2020
where st_area(st_transform(geom, 6933)) = (select
max(st_area(st_transform(geom, 6933))) from glims_polygons_2020)
```

Výsledek: Pine Island Glacier, rozloha: 165079,19 km^2

4. Leží nějaký ledovec na rovníku? Na území jakého státu?

```
select country from glims_polygons_2020 as l
join zeme as z
on st_intersects(z.geom, l.geom)
where st_intersects(st_geometryfromtext('LINESTRING(-180 0, 180 0)', 4326), l.geom)
```

Výsledek: bezejmenný ledovec v Ekvádoru

5. Kolik ledovců se nachází alespoň částečně v Rakousku?

```
select count(*)
from glims_polygons_2020 as l
join zeme as z
on st_intersects(l.geom, z.geom)
where country = 'Austria';
```

Výsledek: 6586

6. Průměrná nadmořská výška ledovců v Peru? (2 desetinná místa)

```
create temporary table Peru as select geom from zeme where country = 'Peru'
select round(avg(mean_elev),2) from glims_polygons_2020 as l
join Peru as p
on st_intersects(l.geom, p.geom)
```

Výsledek: 1771,58 m

7. Jaký je posun centroidu Vatnajokulu za posledních 6 let? (2 desetinná místa)

```
select round(st_distance(
(select st_centroid(st_union(st_transform(geom, 4087)))
from glims_polygons_2020 where glac_name = 'Vatnajokull'),
(select st_centroid(st_union(st_transform(geom, 4087)))
from glims_polygons_2015 where glac_name = 'Vatnajokull'))::numeric/1e3, 2)
```

Výsledek: 0,22 km²

8. Kolik je posun centroidu Vatnajokulu ročně?

```
select round(st_distance(
(select st_centroid(st_union(st_transform(geom, 5638)))
from glims_polygons_2020 where glac_name = 'Vatnajokull'),
(select st_centroid(st_union(st_transform(geom, 5638)))
from glims_polygons_2015 where glac_name = 'Vatnajokull'))::numeric/6, 2)
```

Výsledek: 35,84 m/rok

9. Jaký je název nejbližšího ledovce od Fakulty Stavební ČVUT? V jaké vzdálenosti se nachází a v jaké geografické oblasti? (2 desetinná místa)

```
select round(ST_Distance(st_GeomFromText('POINT(1601670.45 5577548.91)',4087),
st_transform(glims_polygons_2020.geom, 4087))::numeric/1000,2)
as vzd, glac_name, geog_area
from glims_polygons_2020
order by vzd asc limit 1
```

NEBO:

```
select round((st_GeomFromText('POINT(1601670.45 5577548.91)',4087) <->
st_transform(glims_polygons_2020.geom, 4087) )::numeric/1e3,2)
as vzd, glac_name, geog_area
from glims_polygons_2020
order by vzd asc limit 1
```

Výsledek: Hallstattter Gletscher, 301,77 km, Austrian Alps

10. Do jaké geografické oblasti spadá nejvíce ledovců?

```
select geog_area, count(*) as pocet
from glims_polygons_2020
group by geog_area
order by pocet desc
limit 2
```

Výsledek: Randolph Glacier Inventory / Asia

11. Kde se nachází nejvíce suťových ledovců?

```
select country, count(*) as pocet
from glims_polygons_2020 as l
join zeme as z
on st_intersects(l.geom, z.geom)
where line_type = 'debris_cov'
group by country
order by pocet
desc limit 1
```

Výsledek: France, 486

12. Jaký ledovec má největší převýšení?

```
select distinct glac_name, country, geog_area, (max_elev - min_elev)
as prevyseni
from glims_polygons_2020 as l
join zeme as z
on st_intersects(l.geom, z.geom)
where glac_id = (
select glac_id from glims_polygons_2020
where min_elev > 0
and glac_name <> 'None'
order by (max_elev - min_elev) desc limit 1)
and (max_elev - min_elev) > 0
```

Výsledek: Seward Glacier, Canada and USA, Randolph Glacier Inventory and Various (NSDIC), 5937/0

13. Kolik ledovců se nachází do 500 km od Fakulty Stavební ČVUT

```
select count(*) from glims_polygons_2020 as l
where st_distance(st_GeomFromText('POINT(1601670.45 5577548.91)', 4087),
st_transform(l.geom, 4087)) < 500*1e3
```

Výsledek: 4548

14. Kolik procent z ledovců ležících celou svou plochou za polárním kruhem nemá jméno? (severním i jižním)

```
select round((100* (
select count(*) from glims_polygons_2020
where st_ymin(geom) > 66.55 or st_ymax(geom) < -66.55
and glac_name = 'None'))::numeric/(select count(*)
from glims_polygons_2020
where st_ymin(geom) > 66.55 or st_ymax(geom) < -66.55)::numeric,2)
```

Výsledek: 99,29 %

15. Jaké území zabíraly ledovce v Italských Alpách v roce 2017?

```
select round(sum(distinct db_area),2)
as atribut, round(sum(st_area(st_transform(geom, 6933)))::numeric/1e6,2)
as funkce from glims_polygons_2017
where geog_area = 'Italian Alps'
```

Výsledek: 21,48 %

16. Na území jakých afrického států se nachází ledovce?

```
select country, count(*) as pocet from glims_polygons_2020 as l
join zeme as z on st_intersects(l.geom, z.geom)
join kontinenty as k on st_intersects(z.geom, k.geom)
where continent = 'Africa'
group by country
order by pocet desc
```

Výsledek: Tanzania – 25, Uganda – 11, Kenya – 7, Congo DRC – 3, South Africa – 1

17. Jaké ledovce analyzuje pan Matthew Beedle?

```
select glac_name from glims_polygons_2020
where analysts = 'Beedle, Matthew'
```

Výsledek: tabulka o 355 záznamech

8 Závěr

Cílem projektu bylo na základě prostorových a atributových dotazů určit pohyb a stav ledovců mezi roky 2015–2020. Změny byly zkoumány zejména pro menší území, což bylo zapříčiněno velkým rozsahem dat. Pro pochopení souvislostí a některých trendů plynoucích z výsledků sql dotazů, může být menší území uchopitelnější.

V kapitole 6 byl naznačen postup validace dat, přičemž cílem bylo nevalidní data opravit, nicméně postup nastíněný v [5] se nám nepodařilo rekonstruovat, a proto byla výsledná validace dat provedena pouze způsobem uvedeným v kapitole 6. Data pro ledovce

z let 2016, 2017 a 2019 nebyla validována, protože se ve výše uvedených dotazech využívají jen minimálně.

Většina dotazů byla tvořena tak, aby jejich výsledkem byla odpověď na komplexnější otázku, z tohoto důvodu nejsou součástí dokumentace velmi jednoduché dotazy. Zároveň byl záměr vztáhnout některé dotazy k poloze FSv ČVUT a vytvořit dotazy nad rámec výuky předmětu UZPR.

Použitá literatura

- [1] ARCGIS HUB. <https://hub.arcgis.com/>. [cit.2021-14-01].
- [2] CITRIX WORKSPACE. <https://www.fsv.cvut.cz/vic/sw/citrix.php>. [cit.2021-16-01].
- [3] GLOBAL LAND ICE MEASUREMENTS FROM SPACE. <http://www.glims.org/>. [cit.2021-14-01]. Raup, B.H.; A. Racoviteanu; S.J.S. Khalsa; C. Helm; R. Armstrong; Y. Arnaud (2007). "The GLIMS Geospatial Glacier Database: a New Tool for Studying Glacier Change". *Global and Planetary Change* 56:101–110. (doi:10.1016/j.gloplacha.2006.07.018).
- [4] KARGEL, J.S., G. L. M. B. A. K. B. R. E. *Global Land Ice Measurements from Space*. Global Land Ice Measurements from Space, 2014. 33 chapters, 876 pages. ISBN 978-3-540-79817-0.
- [5] POSTGIS. <https://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiCleanPolygons?fbclid=IwAR2oa25I0AlxSIBJa3v4g4j5z0XzE6TltTJ3KPFSSly0Yy4-H860Pzc2QrY>. [cit.2021-19-01].
- [6] POSTGRESQL. <https://www.postgresql.org/>. [cit.2021-14-01].
- [7] QGIS. <https://www.qgis.org/en/site/index.html>. [cit.2021-14-01].