

Dynamic correction of vegetation effects in soil moisture modeling from SAR data using a change detection model

Tematickým zaměřením diplomní práce je určování obsahu vody v půdě metodou dálkového průzkumu. Jde o důležitý úkol, jehož řešení je rozvíjeno od počátku užívání dálkového průzkumu. Současný výzkum této problematiky je zaměřen na využívání mikrovlnného záření v pasivním i aktivním uspořádání. Metody jsou založeny na nepřímé úměře mezi dielektrickou konstantou a vlhkostí, což se projevuje rozdílnou emisivitou resp. zpětným rozptylem záření.

Získání informací o obsahu vody v půdě ze zpětně zaznamenaného signálu je komplexní problém protože na velikost signálu má kromě vlhkosti vliv také řada dalších parametrů, jako úhel dopadu záření, jeho frekvence, hustota a pórovitost půdní vrstvy, drsnost povrchu, přítomná vegetace aj.

Namísto popisu těchto dalších vlivů jsou populární modely detekce změn. Předpokládají, že tyto faktory jsou časově konstantní a změny registrovaného záření jsou způsobeny pouze změnou vlhkosti půdy. Vztah mezi zpětným rozptylem a dlouhodobým rozsahem hodnot vlhkosti je považován za lineární. Vlhkost je vyjádřena relativně v rozsahu mezi dlouhodobými extrémními hodnotami vlhkosti představující suchou a mokrou referenční hodnotu. Úpravou referenčních hodnot vlhkosti lze měnit modelový vztah mezi zpětným odrazem a vlhkostí.

Tento přístup byl využit v zadání diplomové práce stanovením jejího cíle v rozšíření metody detekce změn o korekci na přítomnost vegetace. Vstupními daty jsou časové řady měření radaru SAR na družici Sentinel 1 a korekčním faktorem parametr křížové polarizace získaný rozdílem zpětného odrazu ve vertikální a horizontální rovině.

Pro verifikaci výsledných hodnot půdní vlhkosti posloužily údaje pozemního měření z databáze International Soil Moisture Network (ISMN) shromážděné ze tří vegetačních období. Konkrétně byla použita pozemní data z vybraných 10 stanic rumunské národní sítě. K bodu měření byla ručně přiřazena různě veliká plocha v přilehlém okolí. Její velikost a tvar je znázorněn na obrazových miniaturách včetně bodu udávajícího polohu stanice. Chybí vysvětlení potřeby tohoto kroku, a podle jakých kritérií stanovení plochy probíhalo (velikost, zahrnutí/nezahrnutí místa stanice).

Radarová data byla pořízena v režimu Interferometric Wide swath (IW) a duální polarizace VV a VH s velikostí pixelu 10 m. Pro zpracování byly z úložiště GEE staženy soubory časových řad pro každý polygon/stanici s časovým rozlišením 6 až 12 dnů. Data prošla radiometrickou i geometrickou korekcí. Také v tomto případě nejsou v práci uvedeny bližší informace jak byly soubory vybírány. Zrnitost dat byla snížena konvolučním filtrem 5x5 a odstraněny extrémní hodnoty, avšak není uvedeno jak byly limitní hodnoty určeny a kolik hodnot bylo vypuštěno.

Pro případné posouzení vlivu dalších faktorů byla shromážděna podpůrná data hodnot NDVI (Sentinel 2, MODIS), kategorie klimatické, půdní a krajinného krytu, a hodinové údaje o srážkách a teplotě půdy. Hodnoty NDVI byly transformovány na jednu průměrnou hodnotu na polygon za 30 dní. Údaje krajinného krytu jsou k roku 2010 a prostorové rozlišení všech plošných veličin je řádově větší než radarových dat. Vyvstává proto otázka jejich relevance pro práci.

Do procesu úpravy modelu časové změny dat se použila prostorově návazná data zpětného odrazu radarového signálu doplněná v každém pixelu zpětným odrazem polarizace VV, polarizace VH a velikostí místního úhlu dopadu. Práce však neobsahuje žádné informace o tom jak byl úhel počítán ani o jeho velikostech. Přitom v diskuzi je nedostatečnost následné korekce jeho vlivu zmíněna jako jeden z nedostatků metody, i když není řečeno, v čem tato nedostatečnost spočívá.

Použití polarizačního rozdílu jakožto identifikátoru vegetace předpokládá, že složka VH je ovlivněna odrazem od vegetace a složka VV odrazem od půdního podloží. Tento předpoklad však závisí na výšce porostu respektive velikosti rostliny. Neplatí pro vyšší rostliny a stromy, zatímco je funkční pro traviny. Proto by bylo vhodnější aplikaci metody omezit na plochy pokryté adekvátním druhem vegetace.

Zvolená korekce na vegetaci spočívá v novém určení referenční suché hodnoty v závislosti na polarizačním podílu. Je tedy proměnná během roku, stejně jako od ní odvozená modifikovaná suchá referenční hodnoty vlhkosti. Koeficient úměrnosti není ale konstantní, ale mění se optimalizační procedurou. Ta stanoví velikost suché reference minimalizací rozdílu mezi vlhkostí získanou modelem a pozemním měřením. Použitá procedura z knihovny Python, určovala optimální hodnoty z původní suché a mokré referenční hodnoty, polarizačního rozdílu a zpětného odrazu složky VV.

Výsledky jsou porovnány s in-situ údaji v časovém rozpětí přes 8 let a také s produktem SM z dat přístroje ASCAT na družici Metop-A, poskytovaným jako služba organizací EUMETSAT.

Práce jen potvrdila složitost interakce radarového signálu s aktuálním prostředím, jejíž výsledek ovlivňuje jeho dielektrická konstanta i geometrie jeho vnitřní a povrchové struktury. To diktuje potřebu vyvarovat se dat s různým časovým i prostorovým rozlišením bez možnosti posoudit dopad jejich použití na výsledek.

Po formální stránce práce odpovídá potřebným kritériím. V sepsaném textu se vyskytují nepřesné formulace jen výjimečně a nejedná se o zásadní chyby. Bohužel v práci nejsou uvedena konkrétní data k jednotlivým operacím, ani výsledné suché referenční hodnoty vlhkosti. Grafická znázornění průběhů hodnot prezentovaná navíc ve špatně čitelném rozlišení jsou nedostatečnou náhražkou vstupních číselných hodnot. To nejen činí sledování popisu metody obtížnější, ale také komplikuje správné porozumění komentářům a zdůvodněním v závěrečné diskuzi.

Studentka zvládla výrazně nadprůměrné penzum nových znalostí potřebných k dosažení zadaného cíle, shromáždila značný objem dat nejrůznějšího druhu a prokázala orientaci v jejich zpracování.

Předložená práce naplňuje požadavky na diplomní práci absolventa magisterského studia geoinformatiky. Navrhuji její hodnocení známkou velmi dobře.

Praha, 5.9.2024

Doc.Ing. Jan Kolář, CSc

Doplňující otázky pro obhajobu:

1. Korekce původního modelu spočívá ve změně referenční hodnoty pro suchou půdu. Bylo by možné obdobně měnit i referenční hodnotu pro mokrou půdu?
2. V práci je zmíněno více datových souborů s různým prostorovým rozlišením. Jak se v případě potřeby ošetřila jejich prostorová provázanost a související chyba v poloze?
3. Vegetační korekce se liší v jednotlivých rocích, byla oprava určena pro každý rok zvlášť?
4. Proč se domníváte, že metoda je přínosná hlavně pro data s horším prostorovým rozlišením?