

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY



# Konferencia UAV 2023

Kód projektu: 313011V422

„Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV“

ISBN 978-80-553-4389-1

2023

## Zborník z konferencie UAV 2023

**Vydavateľ:** Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Technická univerzita v Košiciach  
Letná 9, 040 01 Košice, Slovenská republika

**Dátum vydania:** máj 2023

**Tlač:** 50 kusov CD

**Jazyk:** slovenský, anglický

**Strán:** 86

**Predseda redakčnej rady:** doc. Ing. Ján Genči, PhD.

**Odborní garanti:** prof. RNDr. Peter Vojtáš, DrSc.  
doc. Ing. Ján Genči, PhD.  
Ing. Štefan Mičko

**Programový výbor:** Ing. Juraj Vojtáš  
doc. Ing. František Jakab, PhD.  
Ing. Roman Hraško  
Ing. Ondrej Kainz, PhD.

**Editor:** Ing. Miroslav Michalko, PhD.

## O konferencii UAV 2023

Projektová konferencia UAV 2023 bola organizovaná na pôde Technickej univerzity v Košiciach, v rámci prezentačných priestorov Univerziténeho vedeckého parku TECHNICOM, v dňoch 11. – 12. 5. 2023, v rámci projektu:

**Názov projektu:** Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV

**Kód projektu:** 313011V422

**Prijímateľ NFP:** GLOBESY, s.r.o.

**Partneri:** Qintec a.s.

YMS, a.s.

Technická univerzita v Košiciach (TUKE)

Žilinská univerzita v Žiline (UNIZA)

(ďalej len „projekt UAV“).

Projekt UAV je spolufinancovaný z prostriedkov Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra.



EURÓPSKA ÚNIA  
Európske štrukturálne a investičné fondy  
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020

Riadiaci orgán:



V zastúpení na základe splnomocnenia:



## Obsah

**Csaba SZABÓ, Ján KAŠPÁREK**

*Simulátor letu drónom: model, architektúra a overenie prototypu skúškou* ..... 6

**Ivan ILAVSKÝ, Peter BOBÁL, Radovan HILBERT, Tomáš IVAN**

*Využitie virtuálnej reality pre vizualizáciu výsledkov priestorového monitoringu* ..... 12

**Peter PEKARČÍK, Eva CHOVANCOVÁ**

*Bezpečnostná analýza útokov na UAV* ..... 15

**Peter BOBÁL, Radovan SUNEGA, Veronika HORNÍKOVÁ**

*Priestorový monitoring s využitím GIS* ..... 23

**Branislav SOBOTA, Štefan KOREČKO, Miriama MATTOVÁ, Lukáš JASENKA**

*Koncepcia virtuálno-reálného prostredia pre simuláciu práce dronov*..... 28

**Peter VOJTÁŠ**

*Image data annotated by objects distances* ..... 34

**Marek TÓTH, Daniel HREHA, Maroš HLIBOKÝ, Ján MAGYAR, Marek BUNDZEL, Peter SINČÁK**

*Lokalizácia a plánovanie trasy dronov inteligentnom priestore* ..... 40

**Ondrej KAINZ, Jakub FRANKOVIČ, Miroslav MICHALKO, František JAKAB**

*Detekcia zoskupovania ľudí z UAV záznamu* ..... 46

**Gabriel KOMAN, Milan KUBINA, Patrik BORŠOŠ**

*Možnosti nasadenia UAV systémov na Slovensku* ..... 51

**Pavol ONDRÍK, Milan KUBINA, Juraj VOJTÁŠ**

*UAV technológia v zdravotníctve* ..... 56

**Pavol ONDRÍK, Milan KUBINA, Juraj VOJTÁŠ**

*Možnosti využitia UAV technológie* ..... 61

**Daniel SEDLÁK, Maroš STRIŠOVSKÝ**

*Meranie vzdialenosti objektu pre UAV pomocou Time-of-Flight snímačov* ..... 68

**Daniel SEDLÁK, Maroš STRIŠOVSKÝ**

*Prototypové riešenie UAV v interiéri* ..... 72

**Matúš BARTKO, Peter FECIĽAK**

*Predspracovanie dát na palube UAV* ..... 76

**Stanislav FRANKO, Miroslav MICHALKO, Ondrej Kainz, František JAKAB**

*Experimental design of UAV usage in intralogistics* ..... 81

# Priestorový monitoring s využitím GIS

<sup>1</sup>Peter BOBÁL, <sup>2</sup>Radovan SUNEKA, <sup>3</sup>Veronika HORNÍKOVÁ

YMS, a. s., Hornopotočná 1, 917 01 Trnava, Slovenská republika

<sup>1</sup>peter.bobal@yms.sk, <sup>2</sup>radovan.sunega@yms.sk, <sup>3</sup>veronika.hornikova@yms.sk

**Abstrakt** — Monitorovanie objektov, procesov a javov reálneho sveta je pomerne komplikovaná úloha, ktorá vyžaduje spoluprácu špecialistov z rôznych odborov. Aby bolo možné získať kvalitné výstupy priestorového monitoringu je nutné vybrať vhodné metódy pre zber, spracovanie a vizualizáciu údajov. Špecifickú kategóriu dát tvoria 3D údaje vyžadujúce špecifické prístupy a nástroje pre jednotlivé etapy realizácie priestorového monitoringu. Cieľom tohto príspevku je zhodnotenie dostupných metód a nástrojov zameraných na priestorový monitoring použitím 3D údajov. Prvá časť článku sa zaoberá zberom priestorových údajov a ich spracovaním. Ďalšia časť článku sa venuje GIS aplikáciám poskytujúcim nástroje pre spracovanie 3D údajov.

**Kľúčové slová** — priestorový monitoring, 3D interpolácia, priestorové dáta, GIS

## I. ÚVOD

Priestorový monitoring možno charakterizovať ako proces, ktorý zahŕňa viacero činností počnúc získavaním priestorových dát cez analýzu priestorových dát, spracovanie priestorových dát, až po ich vizualizáciu koncovému používateľovi. Má využitie v mnohých oblastiach ako je napríklad pravidelné monitorovanie tepla v priestoroch priemyselných závodov alebo v okolí líniových stavieb, monitorovaní únikov plynu, monitorovaní intenzity a šírenia signálu v priestore, monitorovaní znečistenia ovzdušia, atď. Hlavným cieľom priestorového monitoringu je získať požadované informácie o objektoch, javoch alebo procesoch reálneho sveta, ktoré je možné neskôr použiť pre podporu ďalšieho rozhodovania. Pre potreby monitorovania objektov, procesov a javov v priestore je v súčasnosti k dispozícii množstvo metód. Tieto metódy sa vďaka rozvoju technológií postupom času zdokonaľujú ale taktiež vznikajú nové, inovatívne prístupy. Dôležité je preto vybrať čo najvhodnejšie metódy pre daný účel.

Pri priestorovom monitoringu pracujeme s tzv. priestorovými dátami (geodáta). Ide o dáta vzťahujúce sa k určitému miestu v priestore. Okrem priestorovej informácie majú priestorové dáta aj svoju atribútovú zložku, ktorá obsahuje popisné informácie (vlastnosti) daného priestorového objektu. Špecifickú kategóriu priestorových dát tvoria 3D údaje. Ide o dáta, ktoré majú informáciu o nadmorskej výške uloženú ako plnohodnotnú súradnicu, nie len vo forme atribútu. Získavanie, spracovanie a vizualizácia tohto typu údajov vyžaduje použitie špecifických metód [1].

## II. ZBER PRIESTOROVÝCH ÚDAJOV

Prvým krokom priestorového monitoringu je získavanie priestorových údajov. V procese získavania priestorových dát rozlišujeme tzv. primárne geodáta. Jedná sa o geodáta získavané priamo v kontakte so skúmanou veličinou. Často ide o zber údajov priamo v teréne použitím rôznych metód a techník. V súčasnosti sa už ale do popredia dostávajú hlavne bezkontaktné metódy získavania priestorových údajov založené na diaľkovom prieskume Zeme. Pri monitorovaní veličín ako je teplota, tlak alebo vlhkosť vzduchu v 3D priestore sa často používajú hlavne UAV zariadenia vybavené príslušným senzorom schopným zaznamenať hodnoty skúmanej veličiny. Druhou skupinou dát sú sekundárne geodáta, ktoré vznikajú odvodením z primárnych geodát pomocou rôznych priestorových analýz ako je napríklad interpolácia údajov [9].

Pri zbere priestorových údajov často dochádza k nežiadúcim a neočakávaným situáciám. K týmto situáciám môže dochádzať pri samotnom zbere dát (napr. technickou chybou zariadenia pre zber údajov) alebo aj pri ukladaní a prenose dát. Výsledkom toho môžu byť dáta, ktoré možno označiť ako hrubé chyby merania. Tieto dáta nie sú vhodné pre ďalšie spracovanie nakoľko by mohli vniest do výsledku nepresnosti. Pre identifikáciu hrubých chýb stačí často využiť vizuálnu a logickú kontrolu nameraných údajov. V prípade, že nameraných údajov je väčšie množstvo alebo merania sa plánujú vykonávať opakovane, je vhodné tieto postupy automatizovať.

Medzi najčastejšie hrubé chyby, ktoré sa môžu v dátach vyskytnúť možno zaradiť:

- Meranie s chýbajúcou hodnotou meranej veličiny (NULL)
- Hodnoty spadajúce mimo interval hodnôt skúmanej domény
- Duplicitné hodnoty (polohovo a časovo)
- Priestorovo vzdialené hodnoty (chybné súradnice)

Pred ďalším spracovaním dát je nutné takéto chyby identifikovať a tieto hodnoty meraní odstrániť, poprípade chýbajúce merania aj nahradiť. Taktiež je vhodné tieto chyby podrobiť analýze aby sa v budúcnosti vyskytovali v čo najmenšej miere.

### III. EXPLORAČNÁ ANALÝZA DÁT

Každý analýze dát by malo predchádzať preskúmanie štruktúry získaných údajov za účelom získania prehľadu o chovaní premenných. Rozličným spôsobom znázornenia dát je možné identifikovať pravidelnosti a nepravidelnosti v dátach, štruktúry, osobitosti a vzory. Pomocou týchto informácií môžeme následne pristúpiť ku komplexnejšej analýze a získané informácie použiť k výberu vhodnej metódy spracovania. Tento proces sa označuje ako exploračná analýza dát (exploration data analysis). Metódy exploračnej analýzy môžeme rozdeliť na dve základné skupiny: numerické a grafické.

Numerické metódy zahŕňujú hlavne výpočet stredných hodnôt a rozptýlenosti popisujúcej distribúciu údajov. Medzi najznámejšie vyjadrenia strednej hodnoty možno zaradiť aritmetický priemer, medián a modus. K základným mieram variability hodnôt patrí rozptyl, smerodajná odchýlka, variačné rozpätie a variačný koeficient. Vizualizácia dát sa vykonáva použitím grafických metód. Cieľom je identifikovať odľahlé hodnoty, rozpoznať zhľuky v dátach, skontrolovať rozdelenie dát a skúmať vzťahy medzi premennými. K tomuto účelu sa najčastejšie používa krabicový graf (box plot) a histogram [4].

V prípade, že pri analýze dát sú zistené extrémne alebo odľahlé hodnoty je potrebné tieto hodnoty ďalej analyzovať. Ak sa potvrdí, že tieto hodnoty sú anomáliou a nie sú pre danú veličinu typické je potrebné ich pred ďalším spracovaním odstrániť. Ak je ale existencia týchto hodnôt prípustná, tieto údaje z ďalšieho spracovania nevyklúčujeme. V takomto prípade je pri ďalšom spracovaní nutné použiť metódy, ktoré nie sú náchylné na extrémne hodnoty meraní. V niektorých prípadoch môže byť riešením spracovanie dát s vylúčením extrémnych/odľahlých hodnôt a taktiež bez ich vylúčenia a následné porovnanie výsledkov [4].

Niektoré metódy používané pri spracovaní údajov vyžadujú, aby vstupné dáta mali normálne rozdelenie. Z tohto dôvodu je pri použití týchto metód vhodné dáta otestovať na normalitu. K tomuto účelu je k dispozícii niekoľko typov testov (napr. komogorovov-Smirnovov test, chí-kvadrát test dobrej zhody alebo shapiro-wilkov test). V prípade, že dáta nemajú normálne rozdelenie a pre ďalšie spracovanie budú využité metódy ktoré normálne rozdelenie požadujú, pristupuje sa k transformácii týchto dát do normálneho rozdelenia.

### IV. INTERPOLÁCIA DÁT

Bodové merania teploty vzduchu, tlaku vzduchu alebo nadmorskej výšky nie je možné zozbierať v každom mieste sledovanej oblasti. V prípade, že dáta sú zamerané ako nepravidelná sieť bodov je často potrebné získať informáciu o meranej veličine aj medzi týmito zameranými bodmi. V takomto prípade je možné vytvoriť predikciu hodnôt v miestach kde tieto hodnoty namerané neboli. K tomuto účelu sa využíva interpolácia.

Interpolácia slúži na odhad neznámych hodnôt skúmanej veličiny na základe hodnôt známych. Ide v podstate o matematickú metódu, ktorá umožňuje vypočítať hodnotu modelovaného javu v mieste medzi známymi vstupnými hodnotami. Interpoláciu je možné vykonať už použitím veľmi malého množstva zameraných bodov. Čím je ale počet známych bodov väčší, tým sú presnejšie aj výsledky interpolácie. V ideálnom prípade by zamerané body mali byť rovnomerne distribuované v rámci sledovanej lokality. Čím je monitorovaný jav premenlivejším, tým je potrebné hustejšia sieť zameraných bodov pre dosiahnutie uspokojivých výsledkov interpolácie. Interpolácia sa často zamieňa s pojmom extrapolácia kedy dochádza k odhadu neznámych hodnôt v mieste mimo vstupných zameraných hodnôt skúmaného javu. Z tohto dôvodu je vhodné sa extrapolácii vyhnúť [5].

Výber interpolačnej metódy závisí na množstve faktorov ako napr. dostupné interpolačné metódy, charakter vstupných dát, vlastnosti skúmanej veličiny, znalosti používateľa v danej doméne, atď. Vo všeobecnosti je možné povedať, že neexistuje „najlepšia“ interpolačná metóda, ktorú by bolo možné využiť vo všetkých prípadoch. Pri výbere vhodnej metódy je preto potrebné zohľadniť jednotlivé faktory, ktoré tento výber ovplyvňujú.

Veľmi dôležitým faktorom pri výbere interpolačnej metódy sú vlastnosti skúmanej priestorovej veličiny. Rôzne priestorové veličiny môžu vykazovať odlišnú priestorovú



premenlivosť. Niektoré veličiny môžu byť v priestore značne premenlivé, iné môžu mať naopak hladký priebeh. Voľba interpolačnej metódy by teda mala odrážať naše predpoklady o chovaní priestorovej veličiny. Na výber interpolačnej metódy a na kvalitu samotnej interpolácie má výrazný vplyv aj rozmiestnenie nameraných vstupných údajov, ich vzájomná vzdialenosť a konfigurácia. Vstupné údaje môžu byť rozmiestnené pravidelne alebo nepravidelne. Nevhodné rozmiestnenie nameraných údajov môže u niektorých interpolačných metód viesť k chybným výsledkom. Najvhodnejším riešením je často kombinácia pravidelného a nepravidelného rozmiestnenia vstupných údajov. Pred vykonaním samotného merania je preto vhodné zohľadniť variabilitu sledovaného javu. V miestach s väčšou variabilitou skúmaného javu je vhodné vykonať väčší počet meraní [5], [2].

## V. INTERPOLÁCIA V 3-ROZMERNOM PRIESTORE V GIS

Existuje množstvo interpolačných metód, ktoré je možné využiť použitím existujúcich GIS aplikácií (ArcGIS, GRASS GIS, Quantum GIS, atď.). Väčšina nástrojov pre potreby interpolácie však umožňuje interpolovať hodnoty skúmanej veličiny len v dvojrozmernom priestore definovanom dvojicou súradníc  $x, y$ . (resp. v 2.5D priestore s nadmorskou výškou uloženou formou atribútovej hodnoty). Výsledkom týchto analýz je potom 2D raster s interpolovanými hodnotami skúmanej veličiny. Takýto prístup je vhodný na reprezentáciu javov na zemskom povrchu, avšak na prácu s vertikálne členitými úkazmi je nutné lokalizovať objekty v 3-rozmernom priestore. V tomto prípade je pozícia objektov definovaná prostredníctvom  $x, y, z, m$ , kde  $x, y, z$  predstavujú súradnice v troj-rozmernom priestore a  $m$  hodnotu atribútu meranej veličiny vzťahujúcej sa ku konkrétnemu 3D umiestneniu. [10].

Pre potrebu interpolácie dát meraných v 3D priestore (napr. teplota vzduchu, tlak alebo vlhkosť vzduchu) je dostupných GIS aplikácií pomerne málo. Prístup k spracovaniu vstupných dát, k samotnej interpolácii a k vizualizácii výstupov a ich následnej analýze je v tomto prípade značne odlišný. Vyžaduje špeciálne dátové typy, osobitý prístup k topológii a v značnej miere modifikovanú teóriu priestorových analýz. Väčšinu dostupných riešení pre 3D interpoláciu tvoria štatistické programy bez možnosti využitia štandardných GIS nástrojov.

### A. GRASS GIS

Jednou z GIS aplikácií, ktorá disponuje nástrojmi pre prácu v 3D je aplikácia GRASS GIS. Jedná sa o voľne dostupnú aplikáciu. Podporuje prácu s rôznymi 3D formátmi údajov a taktiež poskytuje aj nástroje pre 3D interpoláciu priestorových dát. Výstupom 3D interpolácií v programe GRASS GIS je 3-rozmerný raster s trojrozmernými bunkami (voxel) s definovaným objemom [3].

Prvým nástrojom, ktorý je k dispozícii pre 3D interpoláciu nameraných údajov v GRASS GIS je nástroj `v.vol.idw` založený na použití metódy inverzných vzdialeností. Metóda IDW je založená na predpoklade, že javy ktoré sa nachádzajú pri sebe bližšie sú si viac podobné, ako javy, ktoré sú od seba priestorovo vzdialenejšie. Čím je teda zameraný bod bližšie k bodu interpolovanému, tým má na neho väčší vplyv. Výhodou metódy IDW je to, že je pomerne jednoduchá a nie je náročná na výpočet aj pri väčšom počte interpolovaných bodov. Ide o presnú metódu interpolácie, kedy výsledné hodnoty prechádzajú zdrojovými bodmi. Lokálne minimá a maximá sa teda nachádzajú v zdrojových dátach. Nevýhodou metódy inverzných vzdialeností je, že má tendenciu k vzniku kruhových štruktúr a taktiež, že neberie ohľad na vzájomnú polohu zdrojových meraní. Z tohto dôvodu sa ťažko vyrovnáva z existenciou vzájomne blízkych meraní a ich zhlukov.

Ďalšou možnosťou pre interpoláciu 3D údajov, ktorú ponúka GRASS GIS je nástroj `v.vol.rst`. Tento nástroj je založený na použití interpolačnej metódy regularizovaného splajnu s tenziou. Pomocou parametra `tension` je možné nastaviť vzdialenosť v ktorej bude nameraný bod ovplyvňovať interpolovanú hodnotu. Aby bola táto metóda využiteľná pre široké spektrum oblastí pracujúcich s veľkým objemom dát, poskytuje možnosť postupného spracovania. V prípade, že počet bodov na vstupe je väčší ako 700, nástroj používa proces segmentácie dát. Záujmová oblasť je rozdelená na 3-rozmerné segmenty s obmedzeným množstvom bodov. Interpolácia je potom vykonaná len v rámci jednotlivých segmentov. Aby bol zabezpečený hladký prechod medzi jednotlivými segmentami interpolácia pre každý segment je vykonaná použitím bodov daného segmentu a bodov v jeho okolí. Nástroj taktiež umožňuje kontrolu polohovo duplicitných údajov nastavením minimálnej prípustnej hraničnej vzdialenosti medzi dvoma vstupnými bodmi. V prípade, že vzdialenosť je menšia ako táto hodnota, daný bod je odstránený [8].

### B. ESRI ArcGIS Pro

Pokiaľ ide o komerčné GIS aplikácie, možnosť interpolácie v 3D priestore ponúka aplikácia



ArcGIS Pro od ESRI. Ide konkrétne o funkciu s názvom Empirical Bayesian Kriging 3D, ktorá je súčasťou extenzie geostatistical analyst. Metóda využíva interpoláciu formou krígovania s použitím metódy strojového učenia. Klasické metódy krígovania sú založené na váženom priemere, ktorého váhy sú optimalizované tak, aby chyba odhadu bola minimálna. K tomuto účelu sa využíva variogram, ktorý vyjadruje vlastnosti priestorovej premennej. Empirical Bayesian Kriging 3D na rozdiel od iných metód krígovania automatizuje výpočet parametrov potrebných pre proces samotného krígovania za účelom dosiahnutia čo najpresnejších výstupov. Od iných metód krígovania sa líši hlavne tým, že do výpočtu započítava aj určitú neistotu správnosti vybraného variogramu. Nevytvára jeden variogram pre celú vstupnú dátovú sadu ako je to u iných metód krígovania ale viacero lokálnych modelov tak, že pôvodná dátová sada sa rozdelí na podmnožiny. V rámci každej podmnožiny prebieha odhad variogramu opakovane s cieľom nájdenia správneho variogramu pre danú podmnožinu [7], [6].

Výstupom interpolácie použitím metódy Empirical Bayesian Kriging 3D je geoštatistická vrstva umožňujúca zobrazenie horizontálneho prierezu v definovanej nadmorskej výške. Je možné ju následne vizualizovať ako rastrovú vrstvu reprezentujúcu určitú nadmorskú výšku, ako vrstvu voxelov (voxel layer) alebo vytvoriť z nej pravidelné 3D mračno bodov s hodnotami interpolovanej veličiny.

### C. SAGA GIS

Ďalšou z GIS aplikácií, ktorá poskytuje možnosť interpolácie v 3D priestore je aplikácia SAGA GIS. Jedná sa o voľne dostupnú aplikáciu. Pokiaľ ide o interpoláciu nad 3D dátami tak k dispozícii sú nasledovné metódy:

- metóda inverzných vzdialeností (IDW)
- metóda najbližšieho suseda
- Multilevel b-spline
- Jednoduché krígovanie (Simple kriging)
- Základné krígovanie (Ordinary kriging)

Výstupom 3D interpolácie v SAGA GIS je kolekcia rastrov (multidimenzionálny raster) v pravidelne rozmiestnených výškových úrovniach. Nevýhodou týchto nástrojov je to, že detailnejšie informácie o princípe ich fungovania nie sú k dispozícii. Rovnako chýba aj presnejší popis vstupných parametrov. To výrazne komplikuje ich ďalšie použitie.

## VI. VYHODNOTENIE PRESNOSTI INTERPOLÁCIE

Po samotnej interpolácii dát by malo nasledovať overenie presnosti výsledkov. Tým je možné zistiť presnosť samotného odhadu na základe čoho je v prípade potreby možné upraviť parametre interpolačnej techniky. K overeniu presnosti výsledkov interpolácie sa využíva viacero metód.

Jednou z možností pre vyhodnotenie presnosti interpolácie je validácia. Pri validácii dochádza k rozdeleniu vstupných údajov na dve časti. Jedna časť označovaná ako testovacia sa použije na samotnú interpoláciu a druhá časť označovaná ako kontrolná sa použije na kontrolu presnosti interpolácie. Výsledok interpolácie sa porovnáva s hodnotami v kontrolnej časti súboru. Následne sa výsledok vyhodnotí pomocou štatistických ukazovateľov ako je napríklad priemerná chyba (mean error) alebo stredná chyba (root mean square error - RMSE). Tento postup v pomerne často používaný aj keď má nevýhodu v tom, že častokrát je počet údajov príliš nízky, na to aby bolo možné vytvoriť kontrolnú množinu.

Ďalšou metódou pre vyhodnotenie presnosti interpolácie je krížová validácia (crossvalidation). Pri tejto metóde sa v bode so známou hodnotou meranej veličiny prevedie výpočet lokálneho odhadu tak, že hodnota nameraná v sledovanom bode sa pri interpolácii nepoužije. Výsledok interpolácie v sledovanom bode sa následne porovná s jeho nameranou hodnotou. Takýmto spôsobom sa vykoná porovnanie pre všetky alebo pre vybranú podmnožinu nameraných bodov. Výsledky tohto procesu sa na záver vyhodnotia pomocou štatistických ukazovateľov (podobne ako pri klasickej validácii).

Dôležitou metódou pre vyhodnotenie kvality priestorovej interpolácie je a vizuálna kontrola výsledku. Na základe znalostí o chovaní priestorovej premennej je možné zhodnotiť vhodnosť použitia konkrétnej metódy interpolácie dát.

## VII. ZÁVER

Komplexný priestorový monitoring vyžaduje kooperáciu špecialistov z rôznych oblastí ako je zber priestorových údajov, analýza a spracovanie priestorových údajov, atď.

Základným predpokladom pri priestorovom monitoringu je poznanie vlastností skúmanej veličiny. Inak sa v priestore môže chovať teplota vzduchu, inak vlhkosť vzduchu a inak tlak vzduchu. Je rozdiel či danú veličinu monitorujeme v priestore s homogénnymi podmienkami bez

vplyvu alebo len s minimálnym vplyvom iných faktorov alebo na miestach s výskytom objektov a javov, ktoré môžu výraznejšie meniť priebeh hodnôt skúmanej veličiny. Všetky tieto informácie je potrebné zvážiť pri výbere správnych metód pre priestorový monitoring počnúc zberom údajov, cez analýzu dát až po ich spracovanie.

Pre zber údajov je dôležité hlavne to aby boli merania čo najrovnomernejšie rozložené a v miestach s väčšou variabilitou skúmanej veličiny došlo k zhusteniu meraní. To umožní lepšie analyzovať zmeny v priebehu hodnôt skúmanej veličiny. Na základe toho je potrebné dôkladne naplánovať samotný zber údajov. Po zbere dát je nutné dáta očistiť od hrubých chýb a vykonať exploračnú analýzu dát pri ktorej je možné identifikovať prípadný výskyt odľahlých hodnôt a následne ich podrobiť ďalšej analýze.

Aj keď v súčasnosti existuje množstvo interpolačných metód, pre interpoláciu v 3D priestore je ich k dispozícii v GIS nástrojoch len niekoľko. Všeobecne platí, že neexistuje jedna „najlepšia“ interpolačná technika, ktorá by bola vhodná na všetko. Z tohto dôvodu sa odporúča využiť viacero techník (v závislosti od dostupnosti programového vybavenia) a porovnať výsledky interpolácie (štatisticky aj vizuálne). Na základe výsledkov je potom možné vybrať vhodnú metódu pre daný prípad.

## VIII. POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV“ (kód ITMS2014+313011V422), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## REFERENCIE

- [1] P. Burrough, R. McDonnell, Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 1998.
- [2] J. da Silva Júnior, V. Medeiros, C. Garrozi, A. Montenegro and G. Gonçalves, Random forest techniques for spatial interpolation of evapotranspiration data from Brazilian's Northeast. Computers and Electronics in Agriculture, 166, p.105017, 2019.
- [3] GRASS Development Team, Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 7.8. Open Source Geospatial Foundation, 2021.
- [4] J. Horák, Prostorové analýzy dat, skripta, VŠB-TU Ostrava, 2019, p. 184.
- [5] J. Ježek. Geostatistika a prostorová interpolace. Univerzita Karlova v Prahe, nakladatelství Karolinum, 2015.
- [6] E. Krause. Interpolate 3D oxygen measurements in Monterey Bay. [online], 2021 Learn.arcgis.com. Available at: <<https://learn.arcgis.com/en/projects/interpolate-3d-oxygen-measurements-in-monterey-bay/>> [Accessed 02 December 2021].
- [7] K. Krivoruchko, What is Empirical Bayesian kriging?—Help | ArcGIS for Desktop. [online] Desktop.arcgis.com, 2021 Available at: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/guide-books/extensions/geostatistical-analyst/what-is-empirical-bayesian-kriging-.htm>> [Accessed 10 November 2021].
- [8] H. Mitasova, L. Mitas, Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation. Mathematical Geology, 1993, 25(6), pp.641-655.
- [9] P. Rapant, Geoinformatika a geoinformační technologie. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, p. 516
- [10] E. Stopková, Tvorba a aplikácia 3D analytických funkcií v priestorových analýzach. Bratislava, 2014. Dizertačná práca. STU Bratislava.