

## GOOGLE MAPS vs. KLASICKÉ SÍŤOVÉ ANALÝZY

Igor IVAN

Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava,  
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava, Česká republika  
*igor.ivan@vsb.cz*

### Abstrakt

Cílem článku je představit možnosti Google Directions API pro vyhledávání nejrychlejších cest mezi počátkem a cílem. Vyhledané cestovní časy bývají často posuzovány jako blízké realitě. Naopak časy z klasických síťových analýz často nadhodnocují realitu, což je způsobeno pevnou hodnotou cestovní rychlosti na úsecích komunikací a také rozdílným podkladem silniční sítě. Pro stanovení cestovních časů s využitím Google Maps byl použit modifikovaný nástroj pro ArcGIS a pro klasické síťové analýzy pak Network Analyst a StreetNet. Výsledky ukazují na mírné ale i větší odchylky ve výsledných hodnotách cestovních časů.

### Abstract

The aim of this paper is to introduce possibilities of Google Directions API for searching of the fastest route between an origin and destination. Routes searched by Google are often considered as almost realistic. On the other hand routes from common network analysis often overestimate reality. This is caused by fixed speed defined for each road segment and by different street network. A modified tool for ArcGIS has been used for searching of routes by Google Maps and network analyst in ArcGIS together with StreetNet has been used to calculate results from common network analyst. Results prove smaller but also higher differences in results from both approaches.

**Klíčová slova: síťová analýza; Google; cestovní čas; cestní vzdálenost.**

**Keywords: network analysis; Google; travel time; route distance.**

### ÚVOD

Pro určení cestní vzdálenosti a cestovního času nad silniční sítí je možné využít kromě síťových analýz také jiných přístupů. Oblast síťových analýz je velice obsáhlá a není cílem tohoto článku poskytnout popis jednotlivých metod a algoritmů, kterým jsou věnované jiné publikace (např. Demel, 2002 nebo Volek, Linda, 2012). Článek se zaměřuje na možnosti využití mapových API. Socharoentum, Karimi (2015) uvádí, že aktuálně je možné využít pět celosvětových API, která jsou k dispozici zdarma. Jedná se o Bing Maps REST Services API (Microsoft), Google Maps API (Google), HERE Maps API (HERE), MapQuest Open Data API (MapQuest) a Yahoo Maps API (Yahoo!). K těmto je potřeba uvést ještě Mapy API (Seznam.cz) pro využití v České republice, ale nově i ve světě. Stejní autoři také porovnávají čtyři z uvedených webových mapových API. Výsledky jejich práce jsou uvedeny v tabulce 1, navíc jsou rozšířeny o funkcionality Mapy API. Další informace o webových mapových API uvádí např. Chow (2008) a konkrétní postupy na implementaci jsou přehledně uvedeny v dokumentaci daných API.

V tomto článku se využívá Google Maps, přesněji řečeno Google Directions API. S jejím využitím je možné určit cestovní vzdálenost a čas mezi dvěma body. Automatizovaným zpracováním pro hledání vzdáleností a časů mezi dvěma sadami bodů se zabývali Wang, Xu (2011). Ti vyvinuli v jazyce Python jednoduchý toolbox „TravelTime“ do programu ArcGIS. Vzhledem k časté modifikaci technologií ze strany Google, bylo potřeba pro jeho funkcionality daný skript upravit a později také rozšířit (obr. 1).

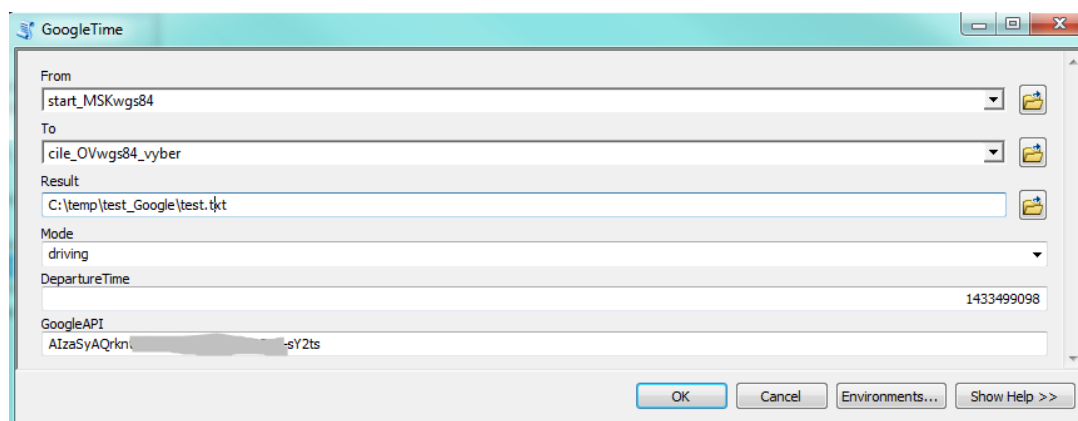
Kompletní funkcionality daného API je uvedena na stránkách Google (GoogleDirections, 2015). Některé z těchto funkcionalit byly implementovány do rozšířené verze daného toolboxu, jehož zadávací formulář je zobrazen níže. Kromě definovaných počátků a cílů je možné vybrat také dopravní mód, který má být pro vyhledávání cesty použit. Je možné vybírat z auta, kola, chůze a VHD. Veřejná hromadná doprava se dále

děří dle použitého dopravního prostředku (vlak, autobus, metro atd.), nicméně její využití pro vyhledávání je značně prostorově omezeno a je podmíněno implementací jízdních řádů ve formátu GTFS pro danou oblast.

**Tab. 1.** Porovnání funkcionality jednotlivých webových mapových API (upraveno a rozšířeno dle Socharoentum, Karimi, 2015)

Parametr/kritérium	Bing Maps	Google Maps	HERE	MapQuest	Mapy.cz
<b>Dostupný dopravní mód</b>					
auto	ano	ano	ano	ano	ano
chůze	ano	ano	ano	ano	ano
kolo	ne	ano	ne	ano	ano
veřejná doprava	ano	ano	ano	ano	ne
<b>Doplňkové nastavení pro auto</b>					
nejkratší cesta	ano	ne	ano	ano	ano
nejrychlejší cesta	ano	ne	ano	ano	ano
vyhnutí se dálnicím	ano	ano	ano	ano	ne
vyhnutí se zpoplatněným úsekům	ano	ano	ano	ano	ano
vyhnutí se trajektům	ne	ne	ano	ano	ne
vyhnutí se nebezpečným komunikacím	ne	ne	ano	ano	ne
vyhnutí se cest mimo daný stát	ne	ne	ne	ano	ne
vyhnutí se sezónním komunikacím	ne	ne	ne	ano	ne
vyhnutí se tunelům	ne	ne	ano	ne	ne
vyhnutí se parkům	ne	ne	ano	ne	ne
nabídka alternativních cest	ne	ano	ne	ano	ne
Pracuje s dynamickou dopravou	ano	ano	ano	ano	ne
Podpora průjezdných míst	ano	ano	ano	ano	ano
Poskytuje geometrii trasy	ano	ano	ano	ano	ano
Poskytuje popis trasy	ano	ano	ano	ano	ano
Poskytuje celkové stoupání/klesání	ne	ne	ne	ne	ano
Použitá databáze silnic	HERE	Google	HERE	HERE	Mapy.cz

Další parametr je také čas výjezdu, který se uvádí v sekundách od půlnoci 1. 1. 1970 (UTC), tedy v unixovém čase. Podobně se dá zadat také čas příjezdu (ne obojí najednou). Hlavní myšlenkou, proč zadávat čas je úprava rychlostí na jednotlivých úsecích komunikací dle daného času průjezdu. Touto funkcionalitou disponuje „Google Maps API for Work customers“, kde je cestovní čas upraven dle dopravní situace. I v tomto případě musí být čas odjezdu v intervalu několika minut od aktuálního času vyhledávání (GoogleDirections, 2015). Není tak možné vyhledávat zpětně v řádu hodin či dnů a není jasné prostorové pokrytí těmito daty.



**Obr. 1.** Upravená verze toolboxu TravelTime

## VÝHODY A NEVÝHODY MAPOVÝCH API

Mezi výhody řadí autoři (Wang, Xu, 2011) fakt, že není potřeba vytvářet síťový dataset, což patří mezi velice důležitý krok při síťových analýzách v prostředí ArcGIS. Na přípravě kvalitního datasetu závisí výsledky všech dalších analýz. Oproti tomu dané API obsahuje již připravené datové podklady. Je však potřeba dodat, že toto má také své úskalí a to v případech, kdy je potřeba využít nestandardních nároků na nastavení (např. přeprava nadměrného nákladu a tedy omezení v šířce, výšce či nosnosti průjezdových míst, vyhnutí se určitého typu komunikací nebo komunikací v intravilánu). Pro běžné vyhledávání cest v omezeném počtu je však daný přístup naprosto dostačující. Další výhodou je aktuálnost dat, kdy není přesně určeno, jak často Google aktualizuje mapové podklady. Intervaly aktualizace dat budou navíc rozdílné v čase i v prostoru. Není však možné analyzovat např. historickou situaci.

Další výhodou API řešení je ohodnocení silniční sítě rychlostmi, nicméně nad ním uživatel nemá žádnou kontrolu a musí jim věřit. Metodika pro určení rychlostí na jednotlivých úsecích není veřejně k dispozici. Služba Google Maps Roads API umožňuje získat rychlosti na jednotlivých úsecích komunikace, nicméně v dokumentaci je uvedeno, že přesnost rychlostí není garantována, nejedná se o aktuální rychlosti a mohou být odhadnuty, nepřesné, neúplné nebo neaktuální (GoogleRoads, 2015). Nicméně obecně může být cestovní čas uváděný Google Maps považován za blízký realitě.

Z hlediska omezení využití API řešení musí být na prvním místě uvedeno omezení počtu dotazů. Ten je stanoven na 2 500 dotazů denně a dále na maximálně 8 průjezdných míst, které je možné definovat pro každý dotaz a maximálně 2 dotazy za sekundu. V případě placeného Google Maps API for Work customers se tyto limity zvyšují na 100 000 dotazů denně, 23 průjezdných míst a 10 dotazů za sekundu (GoogleDirections, 2015). Dalším důležitým omezením je rovněž licenční ujednání, kdy mimo jiné výsledky vyhledaných cest musí být zobrazeny na podkladu Google Maps.

Pro vyhledání cestovního času a vzdálenosti jsou počátky a cíle nejčastěji definovány souřadnicemi. V dokumentaci je uvedena informace o tom, že API začíná vyhledávat cestu z místa na silnici, které je nejbližší souřadnicím, které jsou definovány uživatelem. Výsledné použité souřadnice se tak mohou lišit od těch, které jsou definovány uživatelem. Stejná situace je rovněž v případě souřadnic cíle. Toto omezení však v praxi může místy způsobit výrazné nepřesnosti, viz následující kapitola.

## POROVNÁNÍ VÝLEDKŮ Z ARCGIS A S VYUŽITÍM GOOGLE MAPS API

Mezi faktory, které ovlivňují přesnost výsledné cesty, mohou být zařazeny topologie sítě, přesnost a detailnost silniční sítě a to jak geometrická, tak rovněž tematická a také použitý algoritmus pro výpočet. Pro porovnání byly vyhledány cestovní časy a cestní vzdálenosti pro 1956 kombinací. Jako starty slouží 326 zastávek VHD v Moravskoslezském kraji (mimo okresu Bruntál a jen vybrané v okrese Ostrava-město) a jako cíle pak 6 vybraných zastávek v Ostravě.

Pro výpočet s využitím programu ArcGIS byl použit nástroj OD Matrix z extenze Network Analyst. Celá analýza byla realizována nad daty StreetNet společnosti CEDA pro Moravskoslezský kraj, přičemž byly vybrány jen sjízdné komunikace. Jako rychlosti na jednotlivých úsecích byly použity rychlosti definované přímo společností CEDA. Ty jsou odvozeny z hodnot vybraných atributů (funkční kategorizace, typ komunikace a lokalizace uvnitř či mimo zástavbu) v kombinaci s rychlostními kategoriemi stanovenými empiricky. Důležité bylo také nastavení hledání nejrychlejší cesty, jelikož Google Maps API hledá právě nejrychlejší cestu.

Pro výpočet s využitím Google Maps API byla použita rozšířená extenze TravelTime. Hlavním rozšířením bylo zapracování výpočtu vzdáleností mezi místem počátku zadaným uživatelem a místem počátku výsledně použitým pro vyhledání cesty. Totéž je pak pro cílové místo. Strukturu výsledného textového souboru shrnuje tabulka 2. Vyhledání necelých 2000 kombinací trvalo 1 hodinu a 43 minut. Tento delší čas je způsoben 3s časovou prodlevou mezi vyhledáváním každé kombinace. V případě kratších intervalů hrozí, že bude služba ze stranu Google omezena a některé kombinace nebudou vyhledány, i když dokumentace uvádí možnost rychlejšího vyhledávání.

**Tab. 2.** Struktura tabulky s vyhledanými záznamy

Název atributu	Význam
FromFID	ID počátku z bodové vrstvy
toFID	ID cíle z bodové vrstvy
TravelTime	cestovní čas v sekundách
TravelDist	cestní vzdálenost v metrech
DepTime	čas odjezdu
Mode	použitý dopravní mód
StartXvst	zeměpisná délka startu (dle bodu vstupní vrstvy)
StartYvst	zeměpisná šířka startu (dle bodu vstupní vrstvy)
StartXpou	zeměpisná délka startu (fyzicky použito pro vyhledávání)
StartYpou	zeměpisná šířka startu (fyzicky použito pro vyhledávání)
CilXvst	zeměpisná délka cíle (dle bodu vstupní vrstvy)
CilYvst	zeměpisná šířka cíle (dle bodu vstupní vrstvy)
CilXpou	zeměpisná délka cíle (fyzicky použito pro vyhledávání)
CilYpou	zeměpisná šířka cíle (fyzicky použito pro vyhledávání)
rozd_start	rozdíl vzdálenosti startu v kilometrech
rozd_cil	rozdíl vzdálenosti cíle v kilometrech

### Odchyly počátků a cílů cesty

V prvním kroku je potřeba se zaměřit na odchyly vstupních bodů a výsledně použitých bodů pro definici startů a cílů cest. Lokality s velkými odchylkami jsou pro další zpracování nepoužitelné, jelikož vyhledaná cesta může být kilometry vzdálená od cesty skutečné. V případě těchto 2000 cest se jedná o několik záznamů, ale vzhledem k tomu, že se pracuje se zastávkami VHD, tak jsou odchyly 100 a více metrů překvapivé.

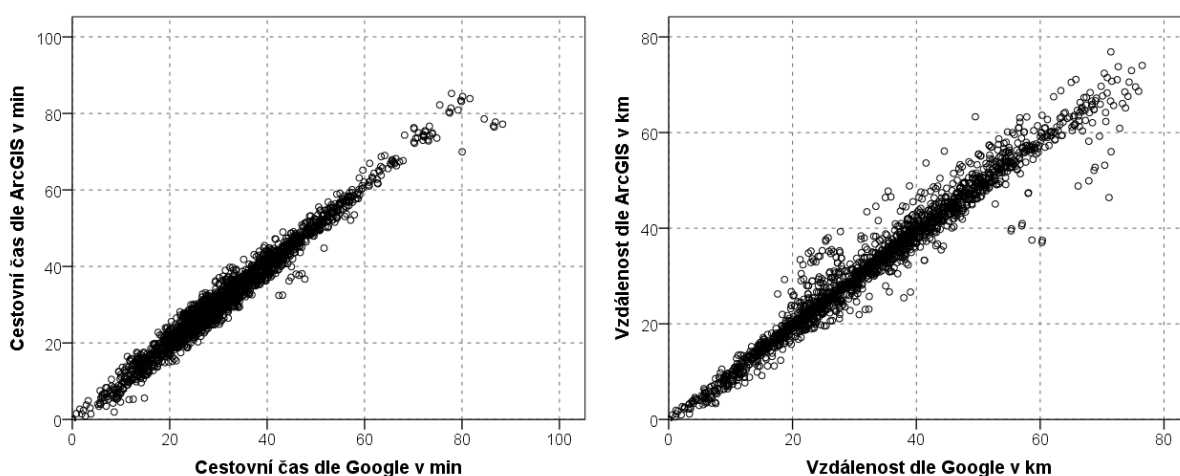
Z výsledků vyplývá, že průměrná odchylka počátků je 0,24 kilometrů. Nicméně tato hodnota je výrazně ovlivněna odlehlými hodnotami, jelikož seříznutý průměr dosahuje jen odchylky 45 metrů a medián pak dokonce jen 31 metrů. Maximální odchylka dosahuje téměř 24 kilometrů. Jedná se o zastávku v obci Košařiska. Odchylka nad 5 kilometrů se objevuje v případě 3 záznamů, jedná se navíc o obce Malenovice a Veřovice. Všechny tyto tři obce jsou pro vyhledávání přesunuty na stejné místo na severním okraji Frýdlantu nad Ostravicí a označeny názvem „Beskydy, Česká republika“. Podobně pak s menší odchylkou na západě regionu v obci Hošťálkovy (posun o 2,7 kilometrů směrem na severozápad nebo Suchdol nad Odrou (posun o 2,1 kilometrů). U všech ostatních počátků je odchylka menší než 2 kilometry. Výpočet se několikrát opakoval, vždy se stejnými výsledky. Nebylo přesně zjištěno, co způsobuje dané odchylky a tak výrazné přesuny. Možným vysvětlením je neúspěšné přichycení bodu k nejbližší silnici a následné vyřešení tohoto problému přesunem na vyšší úroveň agregace, je to však jen domněnka autora. V případě ručního vyhledávání jsou výsledky pro dané cesty korektní. Na problém s přesností lokalizace různých webových mapových API upozorňují také Socharoentum, Karimi (2015), kteří uvádí průměrnou odchylku při lokalizaci křižovatek mezi Google Maps a Bing Maps 3292 metrů, mezi Google Maps a MapQuest 3410 metrů a mezi MapQuest a Bing Maps pak jen 504 metrů. Google Maps však používá své vlastní mapové podklady.

### Průměrné cestovní časy a vzdálenosti

Vyhledávání cestovního času a cestní vzdálenosti proběhlo pro stejné kombinace počátků a cílů několikrát v různé dny. Odchyly počátků se mění řádově v jednotkách metrů (nejvyšší rozdíl 2,8 metrů) a výše uvedené problémy zůstávaly beze změn. Dále se ukázalo, že dochází ke změnám v dojížděčkovém čase a to pravidelně u některých počátků či cílů. V případě počátků se jednalo o zastávky v Bohumíně, Vratimově, Šenově u Nového Jičína a na zastávky Ostrava-Svinov, dolní zastávka. V případě cílů pak u nádraží Ostrava-střed. Celkově došlo ke změně u 84 kombinací z 1956 (4,3 %), avšak v průměru jsou tyto změny marginální (+- 0,23 sekundy). Může to být způsobeno krátkými vzdálenostmi a na delších vzdálenostech bude pravděpodobně docházet k výraznějším rozdílům. Z hlediska vzdálenosti jsou výsledky rozdílné, zde

došlo ke změně jen v případě 26 kombinací a je tedy patrné, že na změny má vliv proměnlivá rychlost na úsecích v čas vyhledávání. Průměrně dochází ke změně o 4 metry, avšak minimum a maximum odpovídá  $\pm 1762$  metrům. I přes minimální změny v celkových statistikách, je toto důležitá informace, jelikož pokud se zjišťuje cestovní čas mezi lokalitami, může dopravní událost v době vyhledávání výrazněji změnit výsledky pro danou kombinaci míst.

Pro porovnání obou metod byly ponechány všechny počátky i cíle, kromě tří nejvíce nepřesně lokalizovaných počátků. Výsledky z obou metod zpracování jsou si velice podobné. Hodnotil se jak cestovní čas, tak také cestní vzdálenost. Tato podobnost je vyjádřena statisticky významnými Pearsonovými koeficienty korelace, kdy v případě vzdálenosti dosahuje velikost 0,979 a v případě času pak 0,986 (hladina významnosti 0,01). Je tedy patrné, že vyšších odchylek se dosahuje v případě cestní vzdálenosti. Toto potvrzuje také bodový graf, kde je patrné, že cestní vzdálenosti vykazují vyšší odchylky (viz obr. 2). K významnějším odchylkám dochází od 20 kilometrů. Google Maps API vykazuje delší časy v případě několika kratších cest a dále se objevují i další kombinace s významnějšími odchylkami. Ty jsou způsobeny aktuálními zdrženými na některých úsecích komunikací v čas vyhledávání.



**Obr. 2.** Porovnání času a vzdálenosti vyhledaných cest v ArcGIS a s využitím Google

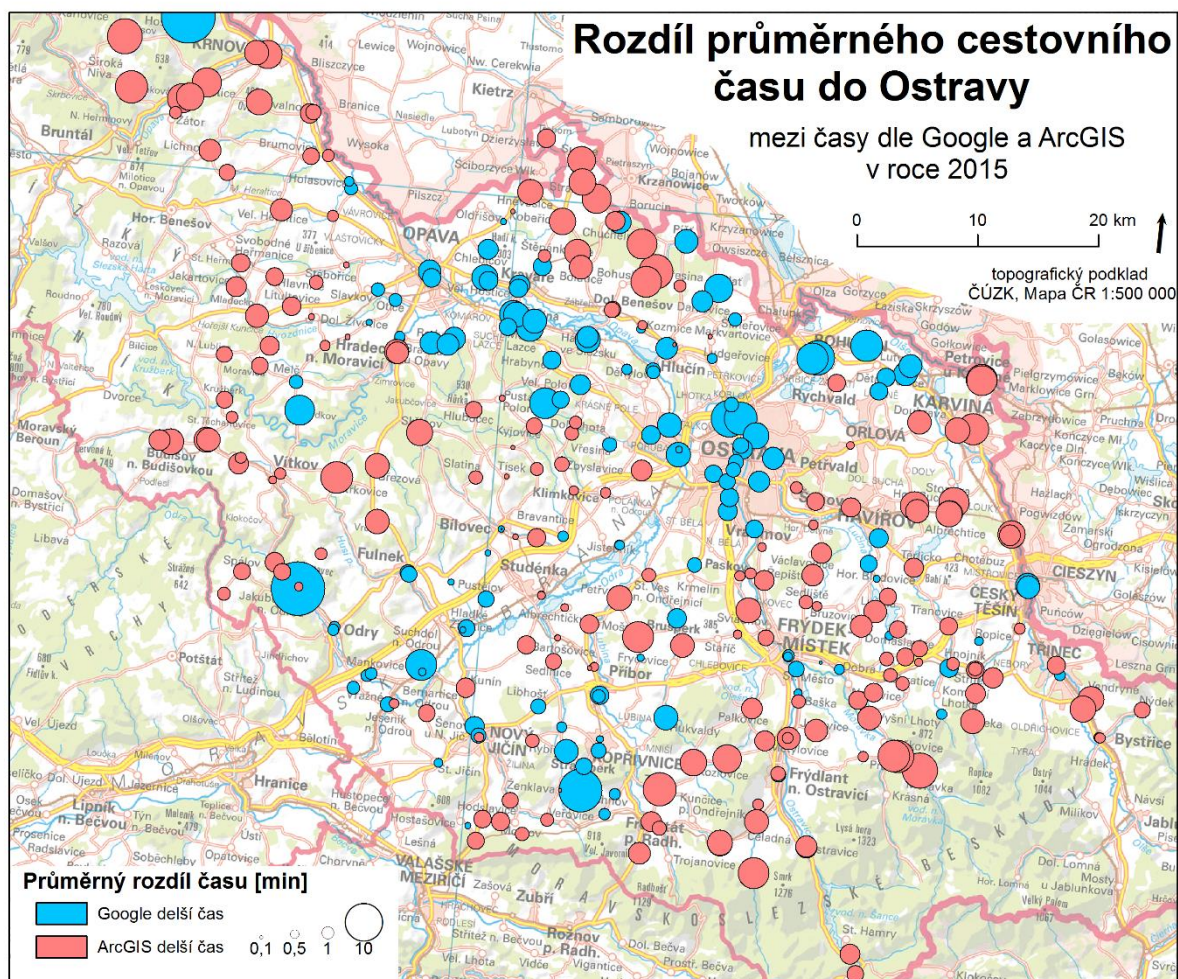
V průměru vykazuje ArcGIS delší cestovní časy o zhruba 20 sekund, což je vzhledem k počtu počátků zanedbatelná hodnota. Naopak vzdálenosti jsou v průměru o 622 metrů delší v případě výsledků z Google Maps API. Z hodnot maxima a minima je však patrné, že dochází ojediněle k velmi výrazným rozdílům. V případě času téměř o 7,5 resp. 11 minut a v případě vzdálenosti o 13,8 resp. 24,7 kilometrů (viz tab. 3). Jelikož data nespĺňují normální rozdělení, byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test. Ten potvrdil, že jak časy, tak i vzdálenosti, které byly vypočteny Google Maps API a ArcGIS, se od sebe statisticky významně neliší. Tedy celkově jsou zjištěné výsledky z obou metod velice podobné.

**Tab. 3.** Hodnocení rozdílů mezi výsledky dle Google Maps API a ArcGIS (Google - ArcGIS)

Ukazatel	Rozdíl času (min)	Rozdíl vzdálenosti (m)
Aritmetický průměr	-0,271	622,179
5% seříznutý průměr	-0,297	655,907
Medián	-0,307	607,004
Směrodatná odchylka	2,374	3136,706
Minimum	-7,546	-13777,980
Maximum	11,132	24712,480
Koeficient šikmosti	0,366	0,653
Koeficient špičatosti	1,597	10,699



Dle distribuce odchylek času a vzdálenosti je patrné, že téměř 40 % odchylek času je v intervalu  $<-1, 1>$  minuta a dále četnosti postupně klesají. Významná většina spojení vykazuje rozdíl do 5 minut, což je v těchto relativně krátkých vzdálenost akceptovatelný rozdíl. V případě rozdílů vzdáleností je distribuce mnohem špičatější. Více jak 60 % spojení má rozdíl vzdáleností v intervalu  $<-2, 2>$  kilometry a následuje prudký pokles četnosti odchylek. Téměř 90 % spojení tak má odchylku do 4 km. Nebyla prokázána závislost, že by se s rostoucí vzdáleností zvyšovala velikost odchylky času nebo vzdálenosti. Jedná se tak o lokální rozdíly v nastavení rychlostí a tak by odchylky měly být v mapě koncentrovány.



Obr. 3. Prostorová distribuce rozdílů průměrného cestovního času

### Lokální rozdíly cestovního času

Jak již bylo výše předpokládáno, tak z hlediska prostorové distribuce je evidentní, že se odchylky prostorově koncentrují (obr. 3). Toto bylo prokázáno také s využitím Moranova I, které je statisticky významné a dosahuje hodnoty 0,17 (pro 4 nejbližší sousedy). Mezi oblastmi, kde spojení vykazují vyšší čas v případě Google Maps API, patří intravilány prakticky všech větších měst (Ostrava, Opava, Frýdek-Místek, Český Těšín, Bohumín). Výjimku v tomto tvoří Karviná a Havířov, kde je však výborná dostupnost do Ostravy vícepruhovou komunikací. Další významná lokalita kopíruje silnici I/11 mezi Opavou a Ostravou, kde dochází k častým kolonám (probíhající rekonstrukce a časté kongesce). Je to tak další příklad, kdy Google Maps API upravuje průměrnou rychlost dle lokální dopravní situace. Třetí oblast pak tvoří obce v blízkosti dálnice D1, avšak až ve větší vzdálenosti od Ostravy. V případě Klimkovic či Bílovce je vzhledem k cílům vhodnější použít jiné komunikace než dálnici. Poslední ucelenější shluk tvoří obce ohraničené městy Štramberk, Příbor, Kopřivnice a Hukvaldy. Z těchto měst je možné jet do Ostravy několika cestami, které se liší minimálně časem (1 – 2 minuty), ale výrazně se liší vzdáleností (33 – 50 km). Aktuální dopravní situace tak může změnit výslednou cestu (dle Google Maps API). To se projevuje jak v čase, tak ještě výrazněji ve vzdálenosti. Tyto oblasti byly identifikovány také s využitím lokálního Moranova I. Ve všech těchto případech

tak ArcGIS, resp. použité průměrné rychlosti, podhodnocují reálný stav a to za předpokladu, že situace z Google Maps API je považována za standard. Situace v obci Hošťálkovy (severozápad regionu), Jakubčovice nad Odrou a Suchdol nad Odrou (obojí západ regionu) jsou způsobeny vysokou odchylkou lokalizace startu pro výpočet cestovního času a není tedy vhodné hledat jinou příčinu tohoto rozdílu.

Rovněž lokality, odkud je cestovní čas dle Google Maps API kratší než v případě ArcGIS, mají tendenci se shlukovat. Vyšší odchylky jsou často ve větších vzdálenostech od významnějších komunikací. Do této skupiny počátků patří obce na Krnovsku, Budišovsku (vše západ regionu), dále pak pás mezi Vítkovem a Ostravou, oblast u hranic s Polskem mezi Opavou a Hlučínem. Dále jsou to obce v oblasti Moravskoslezských Beskyd na jihovýchodě regionu a také pás mezi městy Karviná, Havířov a Paskov.

## ZÁVĚR

Přes výše uvedené rozdíly je možné konstatovat, že použití obou přístupů je korektní, avšak závisí na účelu vyhledávání cest. V případě použití Google Maps API je potřeba brát v úvahu výslednou odchylku uživatelem zadaného počátku a použitého počátku, které ojedinele může dosahovat výrazných hodnot. Další možnou (ne)výhodou je vyhledávání cest pro aktuální časový okamžik, tedy výsledky vyhledané v jiný čas se mohou lišit. V některých případech Google Maps API doporučuje jako nejrychlejší takovou cestu, která je rychlejší jen o pár minut, ale vzdálenostně je delší o mnoho kilometrů. Naopak v případě ArcGIS, případně jiného programového řešení, je nutné mít dobře nastaven síťový dataset a optimálně nastavené rychlosti na úsecích. Každopádně se jedná o zajímavou alternativu pro vyhledávání nejrychlejších cest.

## LITERATURA

Demel, J. (2002): Grafy a jejich aplikace. Academia, 257 s.

Googledirections (2015): Google Maps Directions API.  
<<https://developers.google.com/maps/documentation/directions>>.

Googleroads (2015): Google Maps Roads API.  
<<https://developers.google.com/maps/documentation/roads/intro>>.

Chow, T. E. (2008): The Potential of Maps APIs for Internet GIS Applications. Transactions in GIS, Vol. 12, No. 2, 179–191.

Socharoentum, M., Karimi, H. A. (2015): A comparative analysis of routes generated by Web Mapping APIs. Cartography and Geographic Information Science, Vol. 42, No. 1, 33–43.

Volek, J., Linda, B. (2012): Teorie grafů. Aplikace v dopravě a veřejné správě. Univerzita Pardubice, 192 s.

Wang, F., XU, Y. (2011): Estimating O–D travel time matrix by Google Maps API: implementation, advantages, and implications. Annals of GIS, Vol. 17, No. 4, 199–209.