

MARIÁN HALÁS, PAVEL KLAPKA

REGIONALIZACE ČESKA Z HLEDISKA MODELOVÁNÍ PROSTOROVÝCH INTERAKCÍ

HALÁS, M., KLAPKA, P. (2010): Regional division of Czechia on the basis of spatial interaction modelling. *Geografie*, 115, No. 2, pp. 144–160. – Spatial interactions represent mutual relations between geographic areas or regions at different hierarchical levels. The Reilly's law is one of the spatial interaction models which was originally constructed for survey of retail gravitation and was based on purely formal relations. The article aims at closer presentation of the Reilly's law and proposes possible applications of the model in regional delineation tasks and in formation of the administrative division of Czechia. Comparisons with other regional and administrative divisions are included as well.

KEY WORDS: regional delineation – spatial interaction modelling – Reilly's law – Czechia.

Příspěvek je součástí výstupů projektu č. KJB300860901 Grantové agentury AV ČR „Kvantitativní metody a syntetizující grafické metody v aproximaci, projekci a modelování geografických jevů“ a projektu č. IAA301670901 Grantové agentury AV ČR „Časoprostorová organizace denních urbánních systémů: analýza a hodnocení vybraných procesů“. Autoři děkují agentuře za podporu.

1. Úvod

Nehomogenní charakter geografického prostředí, či chceme-li jeho polarita, mají za následek vznik horizontálních toků nejrůznějšího typu – energetického, materiálového, informačního. Triviálními příklady jsou části geografického prostoru s rozdílnou potenciální reliéfovou energií či různými hodnotami atmosférického tlaku. V prvním případě je vzniklá polarita vyrovnávána proudící vodou či svahovými pohyby, ve druhém pak prouděním vzduchu. Tyto toky pak mají charakter vektoru nebo gradientu.

Popsané horizontální toky se neomezují na přírodní prostředí, ale jejich analogie nacházíme i ve společnosti a ekonomice. V geografii se nejčastěji označují termínem prostorová interakce a jejich základními nositeli jsou jednotlivci a jejich aktivity. Tyto interakce zásadním způsobem ovlivňují geografickou organizaci prostoru a vyjadřují vzájemnou závislost mezi částmi geografického prostoru (oblastmi, regiony) různé hierarchické úrovně.

Základní otázky se týkají charakteru prostorových interakcí, především jejich směru, intenzity a rytmicity. Reálné údaje o prostorových interakcích jsou však vesměs obtížně dostupné, zvláště pak pro větší územní celky (např. celé státy). Prakticky jediným obecně dostupným zdrojem dat jsou údaje o migraci obyvatelstva, konkrétně o dojíždě do zaměstnání a do škol, které jsou však v Česku sledovány v rámci sčítání lidu, domů a bytů v určité formě až od roku

1961, a to s přibližně desetiletými intervaly, které v některých případech dostatečně nepokrývají vývoj prostorové organizace. Další údaje týkající se prostorových interakcí (např. počet přepravovaných osob, návštěvnost nákupních center apod.) pak bývají předmětem obchodního tajemství.

Zmíněné nedostatky v datové základně mohou být v zásadě alespoň částečně překonány dvojím způsobem: (1) provedením anketárního šetření prostorových interakcí, které bývá realizačně velice náročné a nelze ho prakticky provést v regionech vyšších hierarchických úrovní, nebo (2) modelováním prostorových interakcí. Nespornou výhodou druhého způsobu je, že může být uplatněn prakticky na jakémkoliv území. Otázkou však zůstává, do jaké míry výsledky modelování odpovídají realitě.

Primárním cílem tohoto článku je ověřit možnosti modelování prostorových interakcí při hodnocení regionálního uspořádání Česka, resp. při vymezování jeho regionů, a to jednak z pohledu přirozené spádovosti a jednak z pohledu, který můžeme nazvat administrativním. Z hlediska metodologického se zaměříme na představení tří verzí Reillyho modelu, možnosti jejich aplikace na prostorové a kvalitativní charakteristiky veličin, které do modelu vstupují. Vybraný model bude následně v několika procedurálně spojených variantách aplikován na celostátní úrovni. Výsledky jednotlivých variant budou porovnány s některými již existujícími členěními území Česka, což může poskytnout důležitou zpětnou vazbu týkající se vhodnosti využití modelování prostorových interakcí při těchto úlohách, ale i kalibrace modelu.

2. Teoretická východiska a metoda

Modelování prostorových interakcí bylo inspirováno fyzikálními vztahy, konkrétně Newtonovým gravitačním zákonem. V regionálních vědách se první aplikace jednoduchých modelů založených na gravitaci objevily již koncem 19. století, kdy se Ravenstein (1885) pokusil vyjádřit intenzitu migračních toků mezi britskými hrabstvími pomocí nepřímé úměrnosti od vzdálenosti, a to z důvodu chybějících údajů o mobilitě obyvatelstva v censu z roku 1881. Ravenstein vycházel z nepoměru růstu počtu rodáků a počtu obyvatel mezi roky 1871 a 1881, který nutně znamenal existenci migračních toků. K posunu v oblasti modelování prostorových interakcí došlo až v meziválečném období. William Reilly (1929, 1931) tehdy definoval tzv. zákon maloobchodní gravitace na základě reálných interakcí pozorovaných ve státě Texas ve druhé polovině 20. let minulého století (podrobněji dále).

Socio-ekonomické prostorové interakce založené na konceptu gravitace byly teoreticky zdůvodněny až po druhé světové válce Stewartem (1948), který našel v prostorovém chování jednotlivců analogii s pohyby molekul a definoval v rámci svého konceptu tzv. sociální fyziky termín demografická síla („*demographic force*“) jako protějšek gravitační síly používané v přírodních vědách. Stewartova práce reflektovala i závěry učiněné Zipfem (1947) týkající se tzv. principu minimálního úsilí, který je pro modelování prostorových interakcí velice důležitý, neboť úzce souvisí s „odporem“, který geografické prostředí klade prostorovým interakcím. Zipfův základní postulát spočívá v předpokladu, že člověk se snaží vždy své chování racionalizovat a minimalizovat tak úsilí, jež vede k požadovaným cílům. Jeho závěry se týkají i prostorového

chování a tím pádem souvisí i s impendačním efektem vzdálenosti, na kterém je modelování prostorových interakcí do značné míry založeno (Zipf 1947, s. 627).

Zákon maloobchodní gravitace (dále jen Reillyho model) byl Stewartem (1948, s. 35) označen za první případ rozpoznání a aplikace demografické gravitace. Reilly (1929, s. 48–50) stanovil, že atrakční síla dvou středisek vůči sídlu mezilehlému je přibližně přímo úměrná počtu obyvatel středisek a nepřímo úměrná čtverci vzdáleností mezi středisky a mezilehlým sídlem. Model byl dále doplněn Conversem (1949) a Huffem (1964). Converse (1949, s. 379) přesně matematicky vyjádřil a určil bod rovnováhy, resp. průběh hraniční linie mezi zónami vlivu dvou nákupních středisek, přičemž provedl i několik testů založených na anketárních šetřeních o maloobchodní spádovosti vycházejících ovšem z obratu za spotřební zboží a časového vyjádření vzdálenosti v zázemí Chicaga ve státě Illinois. Zatímco Reilly i Converse se zaměřovali pouze na výběr hlavního nákupního centra, Huff (1964, s. 36–37) již vyjadřuje teoretickou pravděpodobnost výběru jednotlivých nákupních center zákazníkem (bez aplikace na konkrétní území) a pokouší se o plošné vyjádření této pravděpodobnosti pomocí izolinií. Rané varianty Reillyho modelu hodnotí Thompson (1966), který v závěru své teoretické studie poprvé naznačuje jeho využití i v jiných, obecných i specifických, prostorových tématech. Původně byl totiž Reillyho model zkonstruován za účelem zjišťování spádovosti za maloobchodem a vycházel z čistě formálních vztahů. Model byl aplikován především právě při stanovování tendencí obyvatelstva dojíždět za různými typy služeb do zvolených středisek a také při identifikaci rozhraní vlivů středisek v rámci jednoduchých grafových schémat systému osídlení (např. Fotheringham, O'Kelly 1989). Löffler (1998) poukázal na různý průběh funkce vzdálenosti u rozdílných velikostí středisek, kdy největší střediska mají častokrát funkci vzdálenosti s inflexním bodem a větší „spodní“ plochou (pozn. plocha pod funkcí vzdálenosti nám určuje počet klientů nebo zákazníků centra). Löffler dále podává detailní přehled možných vstupních dat do Reillyho modelu, a to dat týkajících se masy i vzdálenosti.

V české odborné literatuře pak o Reillyho modelu píší např. Maryáš (1983), Řehák (2004), či Řehák, Halás, Klapka (2009). Maryáš (1983) kriticky hodnotí způsoby vymezování sfér vlivu středisek maloobchodu, především v souvislosti s platností původních modelů na území Československa, přičemž závěry učiněné na základě studia zázemí Brna a Prahy odpovídají zahraničním zkušenostem. Řehák (2004) aplikoval obecnou geometrickou verzi modelu na sídelní systém Česka a vymezil potenciální sféry vlivu regionálních center. Řehák, Halás, Klapka (2009) se ve své práci zabývají především možnostmi modifikace původního Reillyho modelu (např. vyjádření vzdálenosti, změny hodnot koeficientu, otázka uzavřenosti sfér vlivu) z hlediska aplikací v méně tradičních úlohách (viz níže).

Poněkud pozměněným typem úloh bylo a především v současnosti je vymezování spádových oblastí nákupních center – tedy nikoliv sídel/středisek (např. Lee, Pace 2005; Baray, Cliquet 2007). Zde je nutné poznamenat, že zmiňované práce často nejsou jen produktem geografů ale také prostorových ekonomů. Lee a Pace (2005) se zabývají prostorovou distribucí maloobchodního obratu mezi nákupní centra v souvislosti s jejich vzájemnou lokací na příkladě amerického Houstonu, Baray a Cliquet (2007) kromě využití gravitačních modelů

diskutují i možnosti matematické morfologické analýzy pro vymezování zázemí nákupních center.

Domníváme se, že v současné době je využití Reillyho modelu možné, přes jisté dřívější výhrady např. Junga (1959) či Berryho (1967) týkající se však spíše jeho původního určení, i při hodnocení geografické organizace území a jejího historického či budoucího vývoje, v obecných regionalizačních úlohách, či při hodnocení vhodnosti administrativního členění území (Hubáčková, Krejčí 2007; Řehák, Halás, Klapka 2009). Těmto tématům a aplikacím Reillyho modelu není v geografické literatuře dosud věnována dostatečná pozornost.

Princip Reillyho modelu vychází ze stanovení liniového rozhraní sfér vlivu v páru středisek (pozn. korektním způsobem je možné aplikovat model i na tři a více středisek, přičemž u každého bodu území lze jednoznačně stanovit, které středisko má tady dominantní vliv). Původně byl Reillyho model prostou aplikací gravitačního zákona, kde každé středisko má určitou váhu. Rozhraní je stanovené koeficientem k , pro který platí

$$k = \sqrt{\frac{M_A}{M_B}},$$

kde M_A a M_B jsou váhy (příp. masy) dvou srovnávaných středisek (zpravidla se používá v podobě, kdy $M_A \geq M_B$). V praxi to znamená, že hranicí mezi sférou vlivu dvou středisek je množina bodů, kterých vzdálenost od střediska A je k násobkem vzdálenosti od střediska B , tedy

$$k = \frac{d_{AB} - n}{n},$$

kde d_{AB} je vzdálenost obou srovnávaných středisek a n je vzdálenost mezi menším z obou středisek a bodem rovnováhy (tj. hranicí sfér vlivu mezi středisky).

Váhy středisek lze definovat různým způsobem podle toho, jaké jevy chceme modelovat. V původních úlohách byly váhy dané buď finanční vyjádřením maloobchodního obrátu nebo počtem obyvatel střediska. V případě vymezování ekonomického vlivu je možné použít ekonometrické ukazatele jako např. velikost prodejní plochy, počet obsazených pracovních míst nebo podnikatelských subjektů (použili např. Hubáčková, Krejčí 2007), výsledky jsou ale v podstatě analogické s verzí, kdy je váha střediska určena počtem jeho obyvatel (viz závěry několika výzkumných zpráv uváděných Maryášem 1983, s. 71). Löffler (1998, s. 270) v komplexním přehledu uvádí jako možné obecně použitelné masy počet obyvatel, počet firem v sektoru služeb, počet pracovních příležitostí a tzv. „dojížďkový přebytek“. Právě počet obyvatel je nejjednodušší a zároveň nejuniverzálnější ukazatel, kterým je možné váhu střediska vyjádřit. Nejlépe se hodí k obecným úlohám pro aproximaci komplexní sociální regionalizace vybraného území i pro případné navrhované územní členění (ostatní ukazatele můžou být zkrácené funkční specializací některých měst). Při určitých typech úloh by bylo možné použít jako masu i rozsah působnosti středisek, příp. diskutovat o tom, zda jako masu uvažovat kvantitativní charakteristiky území vymezeného administrativními hranicemi města nebo území sídelní aglomerace. V našich aplikacích budeme pracovat s (teoretickou) spádovostí ke středisku, proto použijeme data za území administrativně vymezených středisek (měst), jenž se pro tento typ úloh hodí nejlépe. Protože se nám jedná o obecnou

spádovost, jako masu použijeme nejkompexnější a nejuniverzálnější ukazatel, kterým je počet obyvatel měst.

Podle způsobu územního vymezení rozlišujeme tři základní verze Reillyho modelu: geometrickou, topografickou a oscilační (Řehák, Halás, Klapka 2009, s. 49–56), z nichž každá má své opodstatnění v určité orientaci a fázi výzkumu.

Nejjednodušší *geometrická verze* Reillyho modelu pracuje v prostoru pouze se vzdušnými vzdálenostmi, není zde zohledněná žádná komunikační síť. Hranici sfér vlivu dvou středisek je proto vždy kružnice, v případě dvojice středisek stejné váhy je hranicí přímka. Přednosti geometrické verze spatřujeme především v případech předběžného posuzování možných vlivů středisek při zkoumání rozsáhlejších území, komunikačně dobře vybavených a bez velkých přírodních bariér. Tato verze může být rovněž dobře uplatněna při identifikaci sfér vlivu překračujících státní hranici a v historicky zaměřených studiích při generalizovaných retrospektivních analýzách sídelního systému.

Topografická verze Reillyho modelu nepracuje pouze s izotropní rovinou, ale s více méně konkrétními geografickými charakteristikami území, např. s dopravní sítí, která v sobě do jisté míry zohledňuje i fyzickogeografické podmínky zkoumaného prostoru. Tato verze již pracuje s územními zónami (např. obce) a se silničními (případně železničními apod.) vzdálenostmi mezi centry těchto územních zón. Hranice sfér vlivu mezi středisky je následně konstruována podle hranic územních zón, přičemž každá územní zóna je jednoznačně zařaditelná. Topografická verze může být využita jednak ke klasickým regionalizačním úlohám, jednak k testování vhodnosti prostorového členění území.

Oscilační verze Reillyho modelu není zaměřena přímo na regionalizaci, ale pouze na identifikování jakýchsi přechodných pásů. Konstrukce těchto areálů je opodstatněná hlavně při topografické verzi, slouží na určení regionů, jejichž regionální příslušnost se pohybuje někde na pomezí sfér vlivu středisek. Je to možné za pomoci stanovení rozmezí přechodného pásma, a to např. ve tvaru $(0,9 \cdot k; \frac{1}{0,9} \cdot k)$. Oscilační verze modelu může najít uplatnění na počátcích detailnějšího studia spádovosti, ale naopak i v závěrečné fázi na případné korekce výsledných regionalizací.

Na tomto místě se otevírá i otázka exponentu v základním vztahu Reillyho modelu, přesněji, jestli budeme pracovat s druhou, třetí, nebo vyšší odmocninou. Maryáš (1983, s. 71–72) ve své publikaci připomíná dávnou diskusi o hodnotách tohoto exponentu (např. i Schwartz 1962, s. 56–58) a konstatuje, že pro střediska nižších řádů bylo potřebné přiléhavosti dosaženo při použití exponentu 3 (resp. $\frac{1}{3}$). Protože je z celé konstrukce Reillyho modelu zřejmé, že vhodným parametrem ke kalibraci je právě použitá odmocnina, přičemž v klasickém Reillyho modelu jde o druhou odmocninu. Reilly (1929, s. 48–50) vybral dvojku s odůvodněním, že modus Reillyho souboru ležel ve skupině hodnot od 1,51 do 2,50. Kdybychom chtěli pracovat exaktně a brát přitažlivost/gravitaci ve smyslu analogie s fyzikálními zákony, musíme nutně pracovat s dvojkou, tj. druhou odmocninou. Při volbě exponentu je ale nutné zohlednit charakter jevu, který chceme aproximovat, příp. skutečnost, na co má být aplikace Reillyho modelu využita (když počítáme s možným využitím do praxe). Proto je nevyhnutelné exponentem model přímo anebo nepřímou kalibrovat.

Důležitou fází aplikace Reillyho modelu je výběr středisek, který může probíhat na základě vícero kritérií. Nejjednodušší je výběr podle velikostního kri-

téria, kde je možné zohlednit počet obyvatel samotného střediska i eventuální počet obyvatel zóny jeho vlivu. Pro výběr středisek můžeme využít také již realizované regionalizace podle reálných interakcí, přičemž je možné (na příslušné hierarchické úrovni) tyto střediska převzít.

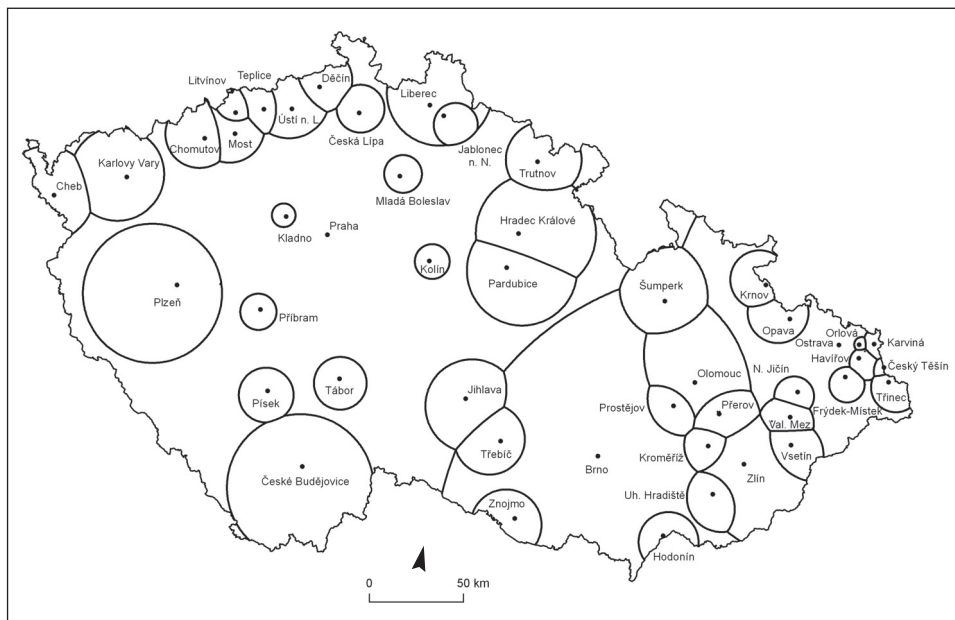
Tento článek usiluje především o aplikaci topografické varianty (viz dále), ačkoliv geometrická a oscilační verze budou také využity jako doplňkový nástroj hodnocení regionálního uspořádání území republiky, respektive jako nástroj korigující a zpřesňující výsledky topografické varianty. Dosažené regionalizace pak budou porovnány jednak s regionalizací Česka založenou na reálných interakcích tak, jak je uvádí ve svých pracích Hampl (2004, 2005), jednak se současným územně správním členěním Česka. Protože Reillyho model využijeme na regionalizace se dvěma různými cíli, konkrétní detaily postupu budou doplněné v dalším textu přímo při jejich aplikacích.

3. Aplikace metody a diskuse výsledků

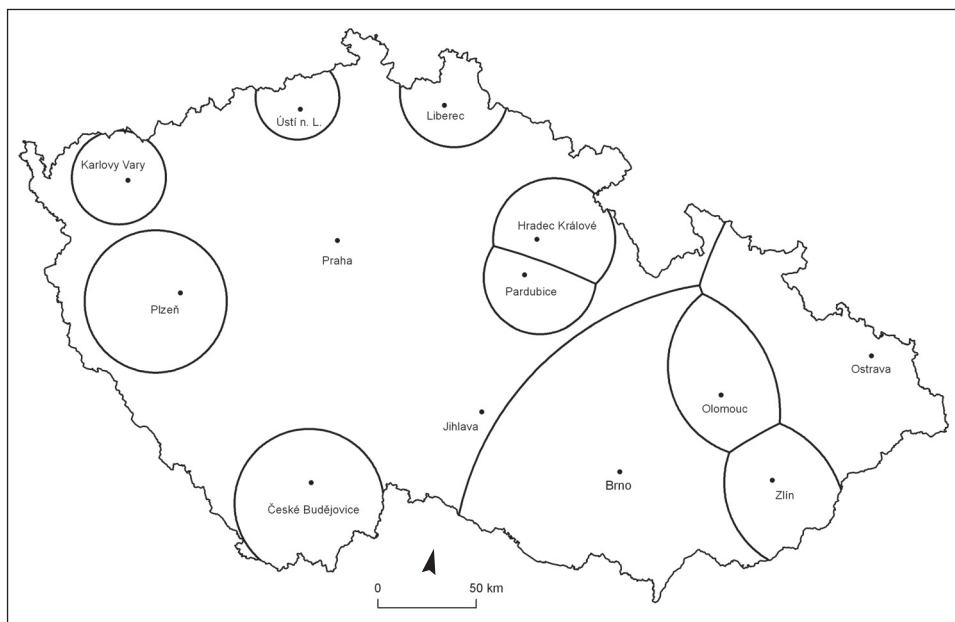
3.1. Výběr středisek

Jestliže hlavním úkolem zůstává zhodnocení regionálního členění Česka zohledňující zásady přirozené a administrativní spádovosti, je třeba věnovat velkou pozornost výběru konkurenčních zón, v našem případě středisek systému osídlení. V tomto případě aplikujeme geometrickou verzi modelu s druhou odmocninou, kde v první fázi za středisko považujeme město s více než 25 tisíc obyvateli k 1. 1. 2007. Hranice 25 tisíc obyvatel byla zvolena proto, aby bylo možné zachytit (s větší rezervou) všechna města, která by v dalších fázích aplikace mohla být potenciálními středisky mezoregionů (hranici jsme stanovili pod 30 tisíc obyvatel, protože např. ještě 29tisícový Šumperk vygeneruje poměrně velkou zónu vlivu). Volba nižší hranice by významně zvýšila počet uvažovaných středisek navzdory tomu, že se jejich působnost na mezo-regionální úrovni neprojeví, dojde jen k nežádoucímu roztržštění orientačního obrazu teoretických vlivů středisek. Tento krok nám umožní předběžně analyzovat regionální strukturu Česka a posoudit možné územní vlivy vybraných středisek ještě dříve, než se problému regionálního uspořádání z pohledu modelování prostorových interakcí budeme věnovat detailněji. Výsledky ukazuje obrázek 1.

V další fázi je nutné vybrat střediska hierarchicky vyššího významu, které generují dostatečně velkou zónu vlivu a zároveň jsou schopny organizovat regiony na vyšší než mikroregionální úrovni (budeme pro ně užívat termín střediska s akcentovaným regionálním významem). Využijeme přitom jednak kritérium rozlohy sféry vlivu střediska a jednak kritérium populační (buď počtu obyvatel sféry vlivu nebo hustoty zalidnění). Podívejme se nejprve na situaci v Čechách. Kromě zcela dominantní Prahy můžeme bez dalších formalit zařadit mezi střediska s akcentovaným regionálním významem Plzeň, České Budějovice, Liberec, Hradec Králové, Pardubice a Karlovy Vary. Zařazení Ústí nad Labem je také v zásadě možné, uvědomíme-li si jeho relativně blízkou polohu vůči Praze (ta zmenšuje jeho územní vliv), ale také polohu v rámci severočeské konurbace. V té pak má nejvýhodnější pozici (vůči zbytku Čech i dopravně) a vystupuje jako silné regionální středisko i ve srovnání s Chomu-



Obr. 1 – Vliv středisek sídelního systému Česka na základě geometrické verze Reillyho modelu



Obr. 2 – Vliv Prahy a mezoregionálních středisek sídelního systému Česka na základě geometrické verze Reillyho modelu

tovem ležícím v poněkud marginální poloze. Relativně územně rozsáhlá sféra vlivu Trutnova pak nenaplnuje především populační kritérium, neboť zahrnuje i řidčeji osídlené oblasti východních Krkonoš a západního Broumova.

Na Moravě a ve Slezsku musíme pochopitelně zařadit mezi střediska s akcentovaným regionálním významem Brno a Ostravu. Na hranici jejich vlivů se zformovaly tři územně výrazné sféry vlivu, z nichž populační kritérium splňují pouze Olomouc a Zlín. Šumperk se mezi akcentovaná střediska nekvalifikoval z podobných důvodů jako Trutnov, které se však v tomto případě projevují ještě silněji. Zcela specifická je pak poloha Jihlavy v relativně řídce osídleném území na pomezí vlivů dvou nejdominantnějších středisek, Prahy a Brna. Z hlediska přirozených interakcí (varianta modelu s druhou odmocninou) je její zařazení mezi střediska s akcentovaným regionálním významem více než sporné, především vzhledem k populační velikosti jejího zázemí. Bez Jihlavy dostáváme soubor středisek shodný s Hamplem (2004, 2005) a je možné porovnávat modelované přirozené interakce s reálnými interakcemi založenými na dojížďkových proudech.

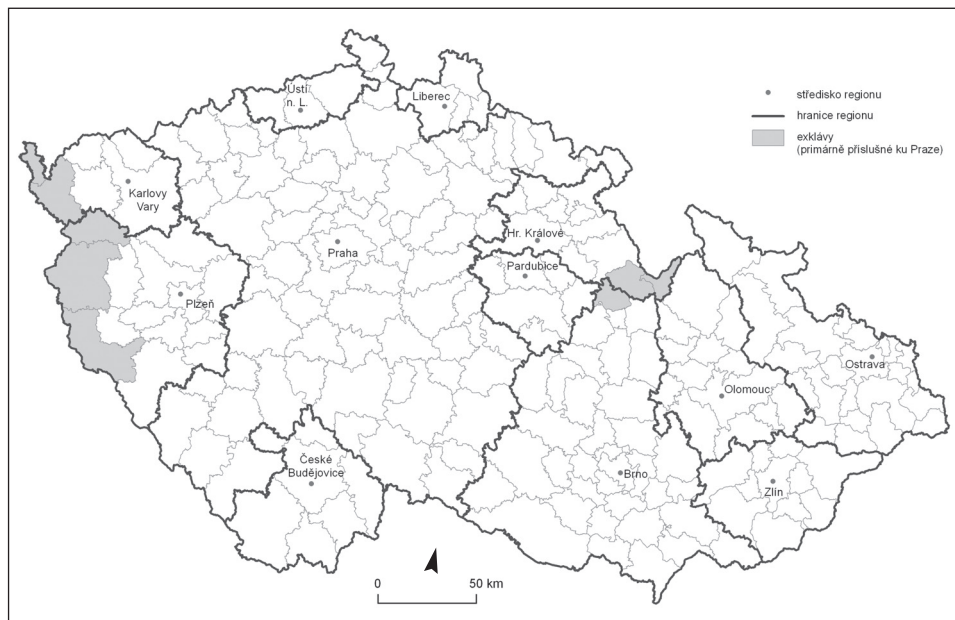
Obrázek 2 představuje tedy geometricky modelovanou situaci s 12 středisky s akcentovaným regionálním významem (Praha a 11 mezoregionálních středisek), opět s využitím druhé odmocniny používané k modelování přirozených interakcí. Mapa rovněž dovoluje odlišit hierarchický význam středisek, kdy se na makroregionální úrovni nachází Praha, na mezoregionální vyššího stupně Brno a Ostrava a na úrovni mezoregionální nižšího stupně pak střediska zbývající.

3.2. Přirozené interakce

Topografická verze modelu uvažuje za střediska právě 12 měst uvedených na obrázku 2. Masy opět tvoří počet obyvatel k 1. 1. 2007, znovu používáme druhou odmocninu modelující přirozené interakce. Základními zónami, jejichž příslušnost ke střediskům zkoumáme, jsou obvody obcí s rozšířenou působností (ORP), přičemž do modelu jako proměnná ovlivňující vzdálenost mezi konkurenčními středisky vstupuje lokace jejich správních center. V modelu jsme pracovali se silničními vzdálenostmi mezi středisky a centry obvodů ORP. Určili jsme je pomocí plánovače tras firmy Škoda Auto a. s. (viz www.skoda-auto.com/cz) a v něm zvolili možnost provozně nejvýhodnější (tj. časově nejrychlejší) trasy. Obvody ORP považujeme za poměrně dobře vymezené k tomu, aby bylo možné tento úkol realizovat. Zároveň byly obvody ORP za základní zóny zvoleny i proto, že umožňují komparaci s regionalizací Hamplovou (2004), což je důležité z hlediska metodologického – srovnání reálných a modelovaných interakcí.

Výsledek musel být na západní hranici mezi Aší a Domažlicemi a také na Ústeckoorlicku upravován (obr. 3), jestliže jsme chtěli dodržet podmínku územní spojitosti vymezených regionů. Všechny tyto exklávy spádují primárně ku Praze (jak je ostatně patrné i z geometrické verze – obr. 1 a 2). O konečném přiřazení ke středisku rozhodla jejich sekundární spádovost.

Dosažené výsledky (obr. 3) jsou v hrubém pohledu srovnatelné s geometrickou verzí modelu z obrázku 2. Výsledná míra dominance větších středisek ve svém souhrnu dobře charakterizuje pravidelnou koexistenci dominantní Pra-



Obr. 3 – Regionální členění Česka založené na modelování přirozených interakcí (12 středisek)

hy se středisky, jako jsou Plzeň, České Budějovice, Liberec a další na vnějším obvodu Čech, a poněkud kontrastní relace, které jsou typické pro adekvátní střediska v moravskoslezském prostoru. Např. situace na Moravě už docela dobře odpovídá krajskému členění (s výjimkou Brna). Populační charakteristiky vymezených regionů uvádí tabulka 1.

Při srovnání potenciálních vazeb aplikací Reillyho modelu s reálnými dojížďkovými vazbami (srovnáváme s Hamplem 2004, sociogeografická regionalizace podle Hampla 2005 se ale příliš neliší) zjišťujeme vysoký stupeň podobnosti. Většina obvodů ORP byla zařazena do stejného mezoregionu (anebo do makroregionu Prahy), kvantitativní přepočty hovoří, že do stejného regionu bylo zařazeno až 94,8 % obyvatel a 92,3 % území Česka. Stejnou sféru vlivu jsme zaznamenali u Liberce, v jednom obvodu ORP se liší České Budějovice, Ústí nad Labem a Zlín. Z dalších nestejně zařazených obvodů ORP třeba zmínit přiřazení Aše a Chebu ke Karlovým Varům na úkor Plzně, Ostrava a Olomouc si zaměnily obvody ORP Bruntál a Jeseník apod. U modelovaných výsledků zaznamenáváme zvětšenou sféru vlivu Hradce Králové a naopak zmenšení sféry vlivu Pardubic. Je to přirozený důsledek toho, že jsme pracovali se silničními vzdálenostmi, reálná pozice Pardubic je přitom značně posilována jejich polohou v rámci železniční sítě, což se promítá do formování reálných dojížďkových vazeb. Ve skutečnosti se z 5,2 % obyvatel, kteří byli zařazeni k jinému středisku ve srovnání s Hamplovou regionalizací, téměř polovina (přesně 2,5 % obyvatel) případů týká jiného zařazení u mezoregionů Hradce Králové a Pardubic.

Částečnou shodu zaznamenáváme i při lokalizaci exkláv (obr. 3). Ve shodě s Hamplem je identifikujeme v západní části sféry vlivu Karlových Varů a Plzně

Tab. 1 – Charakteristika regionů Česka (modelování přirozených interakcí)

Středisko regionu	Počet obyvatel regionu (1. 1. 2007)			Podíl střediska na obyv. (%)
	Celkem	Středisko	Zázemí	
Praha	3 895 151	1 188 125	2 707 026	30,50
Brno	1 535 944	366 680	1 169 264	23,87
Ostrava	1 359 231	309 098	1 050 133	22,74
Olomouc	610 736	100 168	510 568	16,40
Plzeň	537 201	163 392	373 809	30,42
Zlín	513 419	78 122	435 297	15,22
Hradec Králové	399 100	94 255	304 845	23,62
Ústí nad Labem	303 865	94 565	209 300	31,12
Pardubice	294 960	88 559	206 401	30,02
Karlovy Vary	279 873	50 691	229 182	18,11
České Budějovice	275 981	94 747	181 234	34,33
Liberec	232 670	98 781	133 889	42,46
Celkem	10 238 131	2 727 183	7 510 948	26,64

a ve střetu vlivu Hradce Králové, Pardubic, Brna, Olomouce a Ostravy (pozn.: podle reálných dojížděkových interakcí jsou exklávy, tj. obvody ORP primárně spadující k Praze, ještě na pomezí sféry vlivu Zlína). V prvním případě mají exklávy větší rozlohu podle Reillyho modelu (Aš až Domažlice), ve druhém případě podle reálných dojížděkových interakcí (od Vysokého Mýta, Litomyšle a Poličky až po Bruntál a Jeseník).

4. Modifikované interakce

Jestliže bychom chtěli Reillyho model použít ke konstrukci potenciálního územně správního (dále jen územního) uspořádání či členění, musíme zohlednit i pravidlo prostorové spravedlnosti, tj. aby nejdlejší obce měly ve všech regionech do centra srovnatelně daleko. V tomto případě za středisko s akcentovaným regionálním významem považujeme i Jihlavu, a to z následujících důvodů: (1) předpoklad vytvoření dostatečně velkého regionu (rozlohou i počtem obyvatel – viz tab. 2) při aplikaci vyšší odmocniny, (2) srovnání stávajícího a potenciálního územního členění Česka. Jihlava zároveň leží v území, kde logicky chybí regionální centrum (viz i obr. 1) a které by jinak spadovalo buď k Praze nebo k Brnu. Rovněž je třeba vzít v úvahu fyzickogeografické podmínky tohoto problematického prostoru. Oporu pro zařazení Jihlavy do souboru center lze hledat i v pracích Touška a Toneva (2002) a Kunce (2006). Nadále tedy budeme uvažovat 13 středisek.

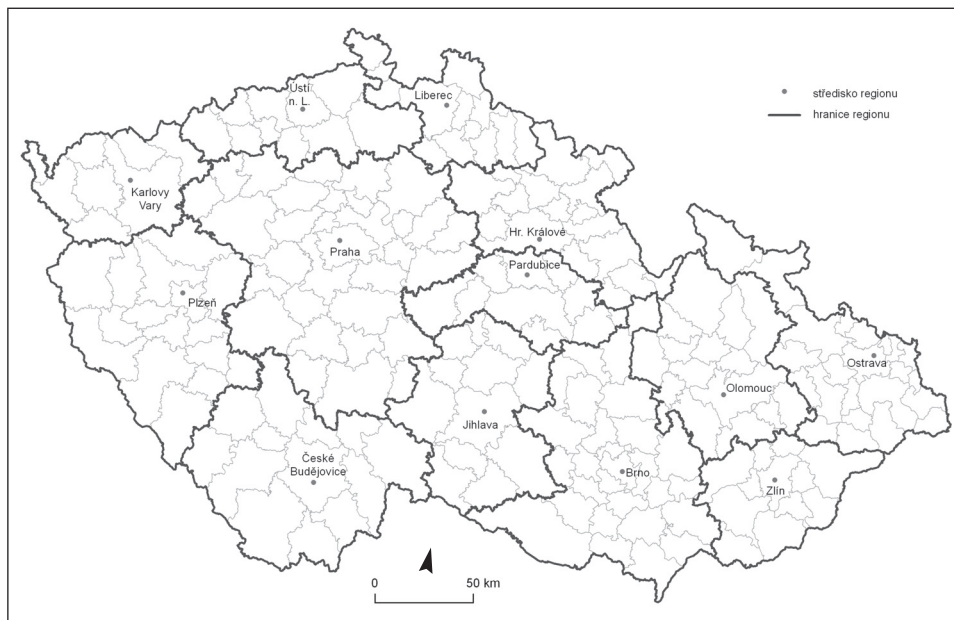
Hodnotu odmocniny stanovíme na základě statistického testování (tzv. nepřímá kalibrace modelu). Jedině tímto způsobem je možné přiměřeně potlačit přirozený prostorový vliv velkých středisek a zesílit vliv středisek menších. Pro určení její hodnoty jsme použili F-test. Hledali jsme nejnižší možnou odmocninu (s krokem navyšování po 0,1) tak, aby tato vyhovovala zvoleným podmínkám F-testu. Jako srovnávací soubor bylo použito současné územní členění Česka (s Prahou v pozici centra Středočeského kraje), které ale považujeme za

příliš rovnostářské (rozloha krajů je až neúměrně nivelizovaná bez ohledu na skutečný vliv krajských měst). Naším úkolem bylo najít kompromis mezi přirozeným vlivem středisek a částečným naplněním principů prostorové spravedlnosti. Při F-testu jsme použili hladinu významnosti 0,05 pro srovnání současného územního členění a regionalizací s navyšovanou hodnotou odmocninou. Statistickými soubory u obou byly vždy maximální vzdálenosti centra obvodu ORP od střediska/krajského města (tj. vždy dvojice třinácti hodnot vzdáleností). Hladina významnosti 0,05 byla splněna ještě při odmocnině s hodnotou 5,0 (testovací kritérium F bylo rovné 3,04 a naposledy bylo menší než kritická hodnota F-rozdělení pro 12×12 stupňů volnosti $F = 3,28$), při hodnotě odmocniny 5,1 již byla překročena. Pro konstrukci alternativního územního uspořádání Česka (úroveň krajů) byl proto vybrán Reillyho model s pátou odmocninou.

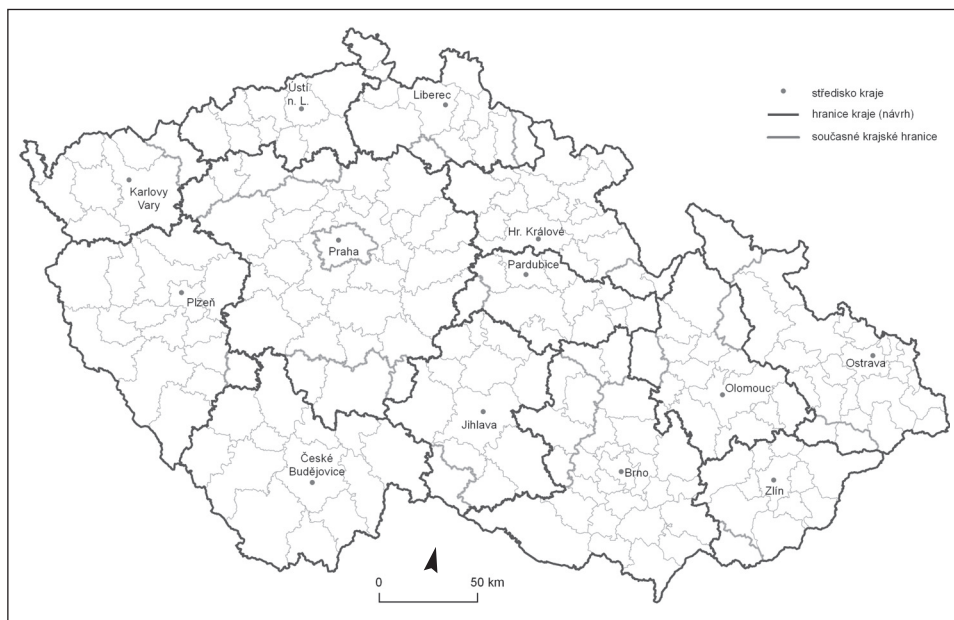
Kromě hodnoty odmocniny se další úpravy týkaly masy středisek. U středisek nacházejících se ve větší sídelní aglomeraci jsme považovali za potřebné nějakým způsobem jejich masu zvýšit, protože v těchto prostorech jsou častokrát cílem spádovosti i sousedící střediska. Proto bylo nutné najít nějaké jednoduché a jednoznačné kritérium, pomocí kterého by se tento krok mohl realizovat. Nakonec jsme se rozhodli, že k masě města představované počtem jeho obyvatel připočteme obyvatele všech měst s více než 50 tisíci obyvateli lokalizovaných zhruba v jeho půlhodinové dostupnosti (tj. do vzdálenosti 30 km po silnici). Půlhodinová dostupnost nebyla vybrána náhodně, představuje totiž vzdálenost mezi centrem Prahy a nejvzdálenějším sídlem na jejím okraji (podle plánovače tras www.skoda-auto.com/cz je to přesně 32 minut). Získané území bude proto alespoň částečně i prostorově srovnatelné s Prahou. Velikostní hladina sousedících center byla zvolena z důvodu, že venkovské obce a menší regionální sídla v zázemí námi vybraných středisek již zpravidla nejsou cílem centralizačních interakcí makroregionálního a mezoregionálního významu. Menší než 50tisícová města nebylo nutné brát v úvahu také proto, že vzhledem k jejich menší váze výsledky nijakým způsobem neovlivňovaly (např. ani 45tisícový Jablonec nad Nisou by při svém započtení sféru vlivu Liberce nijakým způsobem nerozšířil). Ostrava se tímto způsobem zvětšila o masu Havířova, Karviné a Frýdku-Místku, Ústí nad Labem o masu Teplic a Děčína. Výsledek této varianty modelu ukazuje obrázek 4.

Ačkoliv je dle našeho názoru toto členění Česka výstižným vyjádřením potenciálních prostorových interakcí, je nutné upozornit na některá problematická území (5 obvodů ORP), jejichž nekorigovaná regionální příslušnost není úplně v souladu s principy administrativního členění území. Opět se jedná o oblast Ústeckoorlicka, především o obvod ORP Lanškroun primárně spadující k Brnu, který se ukazoval jako problematický v různých variantách Reillyho modelu. Lanškroun jsme spolu s Ústím nad Orlicí (původně Hradec Králové) z důvodu jednoznačné spádovosti v případě uvažování i železniční sítě zařadili k Pardubicím.

U tří dalších obvodů ORP jsme pomocí dodatečného testování oscilační verzi Reillyho modelu provedli přearažení k jinému středisku. Obvody přitom musely splňovat podmínku oscilace podílu mas v intervalu $(0,9 \cdot k; \frac{1}{0,9} \cdot k)$ a zařazení obvodů muselo být navíc odůvodněno rozdíly v kilometrické a časové dostupnosti silniční dopravou. Ve skutečnosti podle časové dostupnosti spádovaly všechny tři obvody ORP k novým střediskům. Jednalo se konkrétně o přearažení obvodu ORP Česká Lípa z Ústí nad Labem do Liberce, Kutné Hory z Pardubic do



Obr. 4 – Regionální členění Česka založené na modelování modifikovaných interakcí (13 středisek)



Obr. 5 – Návrh potenciálního územně správního uspořádání Česka (úroveň krajů)

Tab. 2 – Charakteristika navrhovaných krajů Česka (modelování modifikovaných interakcí)

Středisko regionu	Počet obyvatel regionu (1. 1. 2007)			Podíl střediska na obyv. (%)
	Celkem	Střediska	Zázemí	
Praha	2 518 074	1 188 125	1 329 949	47,18
Ostrava	1 359 231	515 778	843 453	37,95
Brno	1 230 214	366 680	863 534	29,81
Olomouc	638 177	100 168	538 009	15,70
Ústí nad Labem	607 039	197 776	409 263	32,58
Plzeň	563 190	163 392	399 798	29,01
Hradec Králové	557 468	94 255	463 213	16,91
Zlín	553 365	78 122	475 243	14,12
Liberec	525 531	98 781	426 750	18,80
České Budějovice	492 759	94 747	398 012	19,23
Jihlava	431 367	50 916	380 451	11,80
Pardubice	413 304	88 559	324 745	21,43
Karlovy Vary	348 412	50 691	297 721	14,55
Celkem	10 238 131	3 087 990	7 150 141	30,16

Prahy a Bruntálu z Olomouce do Ostravy. Přerážení je odůvodněno i dalšími důvody jako excentrická pozice centra ORP v rámci obvodu, kde vyšší úroveň spádovosti většího území obvodu se nemusí shodovat se spádovostí centra (Kutná Hora, Česká Lípa) anebo přerážení více odpovídá rozložení přírodních bariér ve zkoumaném území (Bruntál a hlavní hřeben Jeseníků). Výsledek a jeho komparaci se současným administrativním vymezením ukazuje obrázek 5. Populační charakteristiky vymezených regionů pak uvádí tabulka 2.

Potvrdila se specifika systému osídlení Čech na straně jedné a Moravy a Slezska na straně druhé. V Čechách dominuje makroregionální pražské centrum, kdy se v blízkosti hranic jeho vlivu vytvořila pouze střediska o 2 hierarchické úrovně nižší (tj. mezoregionální centra nižšího řádu). To se projevuje především na hranicích sfér vlivu Prahy, Českých Budějovic a částečně Jihlavy a také Prahy a Ústí nad Labem, kde vliv Prahy výrazně překračuje současné krajské hranice, aniž by však byly výrazněji porušeny principy administrativní spádovosti (týká se v nejvyšší míře obvodů ORP Tábor a Roudnice nad Labem). Příslušnost obvodu ORP Mnichovo Hradiště k Liberci se zdá logičtější, než příslušnost obvodu ORP Čáslav k Pardubicím.

Drobné další odlišnosti navrhovaného a stávajícího krajského členění pak identifikujeme na hranicích vlivů mezoregionálních středisek nižšího řádu, z nichž lze pozitivně hodnotit vzhledem k dopravním vazbám především příslušnost obvodů ORP Dačice k Jihlavě, Kadaň ke Karlovým Varům a Žamberk a Králíky k Hradci Králové. Situace obvodů ORP Vrchlabí (Liberec) a Blatná (České Budějovice) je diskutabilnější.

Na Moravě a ve Slezsku se na hranici vlivů dvou tamějších mezoregionálních center vyššího řádu Brna a Ostravy (tedy tam, kde je jejich teoretický vliv nejmenší) etablovala dvě další centra o jednu hierarchickou úroveň nižší (Olomouc a Zlín). Hranice sfér vlivů se dobře shoduje s hranicemi krajskými především v případech, kdy je prostor v přímém směru mezi centry dopravně dobře prostupný (Brno–Olomouc, Olomouc–Ostrava, Olomouc–Zlín). Vliv

Brna přesahuje současné krajské hranice výrazně především v oblasti Českomoravské vysociny a je podložen i reálnými interakcemi. Ostatní odlišnosti také nepostrádají logiku, především příslušnost obvodu ORP Rýmařov k Olomouci, obvodů ORP Valašské Meziříčí a Rožnov pod Radhoštěm k Ostravě. Současná příslušnost obvodu ORP Jeseník k Olomouckému kraji je sice v souladu s reálnými dojížďkovými interakcemi, modelované modifikované interakce však obvod ORP Jeseník jednoznačně přiřazují Ostravě, a to i přes absenci kvalitního dopravního spojení v úseku Jeseník–Krnov. Zajímavé je přiřazení obvodu ORP Moravská Třebová k Olomouci, které však lze také považovat za reálné.

5. Závěr

Analýza regionálního uspořádání Česka za pomoci modelování prostorových interakcí a komparace modelovaných výsledků s regionalizací založenou na reálných dojížďkových vazbách i se současným administrativním členěním území státu prokázaly dle našeho názoru životaschopnost Reillyho modelu a jeho variant i při řešení těchto současných geografických témat. Výsledky modelování prostorových interakcí mohou být využity i k hodnocení charakteristik systému osídlení Česka a regionálního působení jeho středisek. Použití Reillyho modelu může být velice variabilní v závislosti na řešené úloze. Variabilita spočívá v možnostech aplikace různých forem modelu, ale také v kalibraci modelu prostřednictvím změn hodnoty odmocniny, což je jedním z nejdůležitějších obecných závěrů z hlediska modelování prostorových interakcí.

Celá aplikace Reillyho modelu byla záměrně koncipována v poměrně zjednodušené podobě, protože i při tomto způsobu nám výsledky aplikace s druhou odmocninou, převzatou z fyzikálních zákonů, dobře odpovídají reálně zjištěným interakcím založeným na dojíždě do zaměstnání a do škol (v případě, že za základní zóny považujeme obvody ORP). Druhá odmocnina tedy může sloužit k modelování tzv. přirozených interakcí a lze ji poměrně dobře simulovat reálné dojížďkové proudy tam, kde není možné je zjistit. To se plně potvrdilo na území Česka, kde je vysoký stupeň shody reálných dojížďkových a modelovaných potenciálních vazeb. Oba typy vazeb se neshodují jen v minimu případů, které jsou vesměs podmíněny infrastrukturně (např. vliv železnice). K úplnému zobecnění tohoto závěru je však nutné další testování, a to ve dvou směrech: 1. v historických úlohách a 2. mimo území Česka.

Aplikace Reillyho modelu se pochopitelně hodí i pro řešení dalších úloh. Jednou z nich je návrh územního členění státu, kde kromě zohlednění přirozených interakcí musíme brát ohled i na zachování principu srovnatelné dostupnosti. V našem případě jsme aplikovali vyšší odmocninu pro modelování modifikovaných interakcí, jejichž výsledky pak byly využity pro návrh potenciálního územního uspořádání Česka. I takto koncipovaný výstup jako kompromis mezi přirozenými interakcemi a velikostní srovnatelností je uspokojivý. Není úplně nivalizující jako současné krajské členění, zohledňuje rozdílný charakter území Čech, Moravy a Slezska, zvláště pak specifickou pozici Prahy v sídelním systému Česka a pozici Brna na jižní Moravě.

Literatura:

- BARAY, J., CLIQUET, G. (2007): Delineating store trade areas through morphological analysis. *European Journal of Operational Research*, 182, s. 886–898.
- BERRY, B. J. L. (1967): *Geography of market centres and retail distribution*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 146 s.
- CONVERSE, P. D. (1949): New laws of retail gravitation. *Journal of Marketing*, 14, č. 3, s. 379–384.
- FOTHERINGHAM, A. S., O'KELLY, M. E. (1989): *Spatial interaction models: formulations and applications*. Kluwer, London, 244 s.
- HAMPL, M. (2004): Současný vývoj geografické organizace a změny v dojíždě za prací a do škol v Česku. *Geografie*, 109, č. 3, s. 205–222.
- HAMPL, M. (2005): Geografická organizace společnosti v České republice: transformační procesy a jejich obecný kontext. *Univerzita Karlova v Praze*, 147 s.
- HUBÁČKOVÁ, V., KREJČÍ, T. (2007): Regionální vliv Slovácka pohledem Reillyho modelu. In: X. mezinárodní kolokvium o regionálních vědách. ESF MU, Brno, s. 220–227.
- HUFF, D. L. (1964): Defining and estimating a trading area. *Journal of Marketing*, 28, č. 3, s. 34–38.
- IANOȘ, I. (1987): Orașele și organizarea spațiului geografic (Studiu de geografie economic supra teritoriului României). Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 151 s.
- JUNG, A. F. (1959): Is Reilly's Law of Retail Gravitation Always True? *Journal of Marketing*, 24, č. 2, s. 62–63.
- KUNC, J. (2006): Bosch Diesel – Not only an industrial phenomenon in the Vysočina region (Czech Republic). *Moravian Geographical Reports*, 14, č. 1, s. 29–38.
- LEE, M.-L., PACE, R. K. (2005): Spatial Distribution of Retail Sales. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 31, č. 1, s. 53–69.
- LÖFFLER, G. (1998): Market areas – a methodological reflection on their boundaries. *GeoJournal*, 45, č. 4, s. 265–272.
- MARYÁŠ, J. (1983): K metodám výběru středisek maloobchodu a sfér jejich vlivu. *Zprávy Geografického ústavu ČSAV*, 20, č. 3, s. 61–81.
- RAVENSTEIN, E. G. (1885): The laws of migration. *Journal of Royal Statistical Society*, 48, s. 167–235.
- REILLY, W. J. (1929): *Methods for the study of retail relationships*. University of Texas Bulletin no. 2944, University of Texas, Austin.
- REILLY, W. J. (1931): *The law of retail gravitation*. Knickerbocker Press, New York.
- ŘEHÁK, S. (2004): Metodický dodatek. In: Jeřábek, M., Dokoupil, J., Havlíček, T. a kol.: České pohraničí, bariéra nebo prostor zprostředkování? Academia, Praha, s. 269–73.
- ŘEHÁK, S., HALÁS, M., KLAPKA, P. (2009): Několik poznámek k možnostem aplikace Reillyho modelu. *Geographia Moravica*, 1, s. 47–58.
- SCHWARTZ, G. (1962): *Laws of retail gravitation: An appraisal*. University of Washington Business Review 22, s. 53–70.
- STEWART, J. Q. (1948): Demographic gravitation: evidence and applications. *Sociometry*, 11, č. 1/2, s. 31–58.
- THOMPSON, D. L. (1966): Future directions in retail area research. *Economic geography*, 42, č. 1, s. 1–18.
- TOUŠEK, V., TONEV, P. (2002): Jihlava: pól hospodářského rozvoje kraje Vysočina? In: Regionální politika kandidátských zemí před vstupem do Evropské unie. Sborník referátů z mezinárodní konference. VŠB, Technická univerzita Ostrava, s. 214–220.
- ZIPF, G. K. (1947): The hypothesis of the 'minimum equation' as a unifying social principle: with attempted synthesis. *American Sociological Review*, 12, č. 6, s. 627–650.

REGIONAL DIVISION OF CZECHIA ON THE BASIS OF SPATIAL INTERACTION MODELLING

Spatial interactions express mutual relations among geographical areas or regions at different hierarchical levels and they are an important factor in determining the geographical organization of space. A certain disadvantage arises, however, from the lack of data concerning spatial interactions. The objective of the article is the presentation and application of one method for modelling spatial interactions, namely Reilly's law, in three distinct versions, including possibilities for its calibration. The question remains as to whether it is possible to use Reilly's law for contemporary geographical tasks, such as defining regional division or proposing the administrative division of a territory, for example of Czechia. For this purpose, we also consider the existing regional division of Czechia and present its administrative division.

The value of a root is an important factor. A square root relatively well expresses the natural interactions used in making classic, regional divisions. Higher order roots (mitigating the influence of larger centres) can be used for tasks involving the administrative division of a territory. The geometric version of the model, with the square root, is used for preliminary assessment of the possible influence of centres (Fig. 1). On these grounds, we have designated centres with stressed regional significance (12 regional capitals, excluding Jihlava – Fig. 2). These centres have been used in a topographic version of the model, which takes into account actual road distances between the centres with stressed regional significance and the centres of basic spatial zones (the territories of municipalities with extended powers – MEP).

The resultant regional division (Fig. 3; for population characteristics of the regions see tab. 1), based on the modelling is been compared to Hampl's (2004) division, which was based on actual interactions (labour and school commutes). The comparison demonstrates a high degree of similarity. Most MEP areas are included in the same mezo-region (or in the macro-region of Prague). A quantitative assessment shows that 94.8 % of the population and 92.3 % of the territory of Czechia have been included in the same region.

Considering the potential administrative division of Czechia, after extensive statistical testing, we selected a variant of the model that uses the fifth root, a so-called modified interaction. This time we recognize 13 centres (i.e. all regional capitals), due in part to the fact that Jihlava manages to create a region with sufficient area and population in this variant (see tab. 2), and in part to ensure the comparability of results. However, the outcome (fig. 4) required revision in order to correspond with the principles of administrative division of the territory (fig. 5). Revisions focused on three marginal factors: 1. railway distance, 2. tendency of the basic spatial zone (i.e. area of MEP) towards oscillation (here we have applied the third, the so-called oscillatory variant of the model), and 3) physical-geographical context.

In our opinion, analysis of the regional organization of Czechia using spatial interaction modelling, including comparisons between the modelled outcomes and both regional divisions, based on actual commuting patterns, and present administrative divisions, verified the vitality of the Reilly's law and variations thereof for exploring these contemporary geographical issues. The outcomes of modelled spatial interactions have also been used in assessing the characteristics of Czechia's settlement system and regional influence of its centres. Unique elements of the settlement system in Bohemia, on the one hand, and of Moravia and Silesia, on the other, have been confirmed. Bohemia is dominated by the macro-regional centre of Prague, and along the borders of its sphere of influence, we find centres that are two hierarchical levels lower (i.e. lower order mezo-regional centres). In Moravia and Silesia, the border between the spheres of influence of Brno and Ostrava, the region's two higher order mezo-regional centres, (i.e. the line where their theoretical influence is minimal) has been the site of establishment for two additional centres (Olomouc and Zlín) that are only one hierarchical level lower.

- Fig. 1 – The influence of centres in Czechia's settlement system, based on the geometric version of Reilly's model.
- Fig. 2 – The influence of Prague and mezo-regional centres in Czechia's settlement system, based on the geometric version of Reilly's model.
- Fig. 3 – Regional division of Czechia, based on modelling natural interactions (12 centres). In the legend: regional centre, regional borders, enclaves (primarily subordinate to Prague).
- Fig. 4 – Regional division of Czechia, based on modelling modified interactions (13 centres). In the legend: regional centre, regional borders.
- Fig. 5 – Proposal for the potential administrative division of Czechia (regional [kraj] level). In the legend: regional centre/capital, regional borders (proposal), current regional borders.

Pracoviště autorů: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geografie, třída 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., oddělení environmentální geografie, Drobného 28, 602 00 Brno; e-mail: marian.halas@upol.cz; pavel.klapka@upol.cz.

Do redakce došlo 16. 4. 2009; do tisku bylo přijato 22. 3. 2010.

Citační vzor:

HALÁS, M., KLAPKA, P. (2010): Regionalizace Česka z hlediska modelování prostorových interakcí. *Geografie*, 115, č. 2, s. 144–160.