

---

## GRAVITAČNÍ MODEL MEZINÁRODNÍ SMĚNY, JEHO PROMĚNNÉ, PŘEDPOKLADY, PROBLÉMY A APLIKACE

Petra Bubáková\*

### Úvod

Gravitační modely mezinárodního obchodu byly představeny v 60. letech 20. století autory Tinbergenem (1962) a Pöyhönenem (1963) či později Linnemanem (1966). Koncepce modelů je založena na Newtonovské fyzice a pravidlu obecné gravitace neboli přitažlivosti, která závisí na hmotnosti (resp. rozměru) objektů  $i, j$  a attributech prostředí. Větší objekty, které jsou blízko sebe, vykazují silnější vzájemné vztahy (Ševela, 2002). Gravitační modely byly založeny zejména na empirických pozorováních mezinárodního obchodu, a tak jim bylo především v prvopočátcích vytýkáno nedostatečné teoretické zázemí. Až později koncem 70. let začalo vznikat teoretické zázemí těchto modelů. Mezi příspěvky, které se podílely na tvorbě teoretických základů lze jmenovat publikace Andersona (1979), Bergstranda (1985, 1989), Helpmana a Krugmana (1985) a Deardorffa (1998). Anderson (1979) poskytl první teoretický základ pro gravitační modely založený na konstantní elasticitě substituce výdajových systémů. Následné upřesnění formulovali ostatní zmínění autoři. Deardorff (1998) například prokázal, že gravitační rovnice je konzistentní s Heckscher-Ohlinovým modelem pro homogenní zboží s dokonalou konkurencí. I přes počáteční kritiku nedostatečného teoretického zázemí vedla vysoká statistická vypovídací schopnost a dobrá shoda s daty k častému využívání v praxi. Vysvětlující síla modelů měřená prostřednictvím  $R^2$  se obecně pohybuje od 60 do 80 %. Bergstrand (1985) uvádí, že gravitační rovnice jsou uznávány za konzistentní empirické úspěchy při vysvětlování mnoha rozdílných typů toků. Obdobně Anderson (1979) hovoří o gravitačních modelech jako o pravděpodobně nejúspěšnějším empirickém prostředku pro analýzu obchodu za posledních 25 let. Eichengreen a Irwin (1998) nazvali gravitační model jako „workhorse“ pro empirickou studii regionální integrace. I autoři v pozdějším období stále kladně hodnotí tyto modely.

---

\* Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta (bubakova@pef.czu.cz).

Pro specifikaci a odhad modelu se využívají statistické a ekonometrické metody. V 90. letech se nejčastěji pro odhad využívala průřezová data. Výsledky na základě průřezových dat byly ale často kritizovány a od začátku 21. století se postupně do popředí dostávala data panelová (Egger, 2002; Cheng, Tsai 2008).

Gravitační modely jsou široce využívány pro odhadování bilaterálních obchodních vztahů mezi zeměmi, pro hodnocení účinků obchodních politik či politických zásahů včetně dopadů regionálních obchodních dohod, politických bloků, regionální integrace, měnové unie (vliv Roseova efektu), mezinárodní migrace, patentových práv či narušení obchodu. Pomocí modelů lze měřit dopady přímých zahraničních investic, efekty přirozených hranic, efekty protekcionismu či otevřenosti státu a mnohé další (Egger, Pfaffermayr, 2003; Cheng, Wall; 2005, Cheng, Tsai; 2008).

Cílem článku je podat přehled problematiky gravitačních modelů na základě odborných publikací, definovat proměnné a jejich předpoklady používané různými autory, vymezit problémy při odhadu gravitačních modelů a podat podrobný popis vybraných publikací z impaktovaných časopisů od roku 2000.

Práce je zpracována na základě studia odborné literatury a vědeckých článků publikovaných na dané téma v zahraničí. V práci je využita obsahová analýza dokumentů, analýza a syntéza.

## 1. Proměnné gravitačních modelů a jejich předpoklady

V tradičním konceptu gravitačního modelu je objem vzájemného obchodu mezi zeměmi závislý na ekonomické síle, resp. velikosti těchto zemí, dopravních nákladech, obchodních překážkách a na preferenčních faktorech (Egger, 2002; Cheng, Wall, 2005).

Vzájemný obchod mezi zeměmi je nejčastěji reprezentován obchodním tokem. Nejčastěji se jako endogenní proměnná využívá *objem exportu* ze země *i* do země *j*. Tuto proměnnou využili např. Mátyás (1997), Egger (2002), Ševela (2002), Nitsch (2007) či Aiello, Cardamone, Agostino (2010). **Celkový obchodní tok (bilaterální obchod)** daný součtem exportu a importu využili ve svých pracích Sohn (2005), Melitz (2007), Sarkera a Jayasinghe (2007) nebo Grant a Lambert (2008). V některých publikacích je endogenní proměnná formulována jako *objem importu* ze země *i* do země *j* (Nilsson, 2000; Martínez-Zarzoso, Suárez-Burguet, 2005). Kromě těchto tradičních proměnných se můžeme setkat s transformacemi proměnných. Příkladem může být hodnota obchodního toku dělená součtem HDP obou zemí (Grant a Lambert, 2008) či průměr exportu a importu mezi zeměmi *i* a *j* (Fidrmuc, 2009).

Tradiční specifikace gravitačního modelu dále obsahuje několik vysvětlujících proměnných a stochastickou náhodnou složku. Nilsson (2000) řadí vysvětlující proměnné do tří skupin:

1. *kategorie*: proměnné zastupující celkovou potenciální nabídku exportující země,
2. *kategorie*: proměnné zastupující celkovou potenciální poptávku importující země,
3. *kategorie*: proměnné napomáhající či omezující obchod mezi importující a exportující zemí.

Stejně kategorie uvádějí Egger a Pfaffermayr (2003), kteří do první kategorie zařazují hrubý domácí produkt a populaci vývozní země. Do druhé kategorie řadí HDP a populaci dovozní země. Třetí kategorie obsahuje proměnné, jako jsou dopravní náklady či jejich aproximace, proměnné reprezentující blízkost zemí, ať už geografickou (např. společné hranice, vnitrostátní země) či kulturní (společný jazyk, shodné náboženství apod.). Dále sem lze zařadit proměnné, které působí na snížení překážek obchodu, kam patří především směnný kurz a jeho volatilita, různé obchodní preference, uzavřené smlouvy, dohody, ale i proměnné, které naopak vytvářejí bariéry, např. celní sazby. Jiní autoři (Gopinath, Echeverria, 2004; Ševela, 2002) hovoří o proměnných spadajících do 1. a 2. kategorie jako o proměnných, které reprezentují velikost dané ekonomiky. Ševela (2002) proměnné ze třetí kategorie nazývá proměnnými vyjadřující „blízkost“ zemí.

Pokud se zaměříme na jednotlivé proměnné a jejich předpoklady, Sohn (2005) shrnuje, že **hrubý domácí produkt** slouží k vyjádření ekonomické velikosti země, a to jak ve smyslu výrobní kapacity, tak velikosti trhu. Větší země s větší výrobní kapacitou mají větší šanci dosáhnout úspor z rozsahu a zvyšovat svůj vývoz díky vyšší komparativní výhodě. U dovozní země jsou větší domácí trhy schopny absorbovat vyšší dovozy. Na druhou stranu větší země mají menší potřebu obchodovat za účelem specializace, jelikož větší trhy mají větší schopnost uspokojit domácí poptávku a ve výsledku bývají více uzavřené než menší země. I přes tento poslední fakt je u parametru HDP vývozní i dovozní země očekáváno kladné působení na export i na bilaterální obchodní tok.

Jak uvádí Hamilton a Winters (1992), **populace** reprezentuje fyzickou velikost ekonomiky. Větší země mají menší potřebu obchodovat za účelem specializace či získání úspor z rozsahu. U parametru proměnné **populace** vývozní i dovozní země předpokládají záporné znaménko (s růstem populace vývozní země bude klesat export, s růstem populace dovozní země bude růst její soběstačnost a bude se snižovat množství statků, které země importuje). Na druhou stranu Oguledo a MacPhee (1994) navrhuji kladné znaménko daného koeficientu, jelikož velký domácí trh podporuje dělbu práce, a tak vytváří možnost široké škály výrobků, což může zvyšovat bilaterální obchod. Nilsson (2000) ve své publikaci předpokládá obě možnosti působení. Tuto proměnnou do modelu využili ve studiích 21. století např. Egger, Pfaffermayr (2003) Gopinath, Echeverria (2004), Cheng a Tsai (2008) či Aiello, Cardamone, Agostino (2010).

Častěji se ale místo samotné proměnné **populace** do modelů využívá **HDP na obyvatele** (např. Nilsson 2000; Ševela, 2002; Sohn, 2005; Sarkera, Jayasinghe, 2007; Stack, 2009). Tato proměnná reprezentuje úroveň příjmů nebo kupní sílu obyvatel vývozních a dovozních zemí. Nilsson (2000) i Sohn (2005) hodnotí předpokládaný efekt této proměnné jako neurčitelný.

Namísto HDP a HDP na obyvatele lze využít do modelů **hrubý národní důchod (HND)** a HND na obyvatele. Předpoklady působení daných proměnných jsou shodné s verzemi HDP. Tyto proměnné aplikoval např. Ševela (2002). Kromě jmenovaných proměnných někteří autoři využili pro odhady různé transformace daných proměnných, které můžeme nalézt v publikacích Eggera (2002), Stacka (2009), Wanga, Wei a Liu (2010) či Stacka a Pentecosta (2011).

V rámci 3. kategorie, tj. proměnných napomáhajících či omezujících obchod, je velmi důležité vyjádření dopravních nákladů. Nejčastěji se využívá pro jejich aproximaci **geografická vzdálenost** mezi hlavními městy vývozní a dovozní země. Tato proměnná byla navržena již samotným Tinbergenem (1962). Stejně tak tuto proměnnou nalezneme v současných publikacích, např. Wang, Wei, Liu (2010), Aiello, Cardamone, Agostino (2010) či Stack, Pentecost (2011). S růstem vzdálenosti rostou transakční náklady díky zvýšení dopravních nákladů, nákladů na získávání informací o cizí ekonomice a nákladů spojených s hledáním partnera a uzavíráním smluv na dálku. Tím roste cena obchodních aktivit (Wang, Wei, Liu, 2010). Z uvedeného plyne negativní vztah mezi proměnnými **vzdálenost a objem obchodu**. S ohledem na geografickou vzdálenost je také podstatné, jak jsou **obchodní partneři umístěni vůči ostatním zemím**. Harrigan (2003) či Anderson a Wincoop (2003) prokázali, že objem obchodu bude větší mezi párem zemí, které jsou „odříznuty“ od zbytku světa, v porovnání s párem zemí, které jsou geograficky blíže k ostatním zemím. Někteří autoři nahrazují proměnnou **vzdálenost** tzv. odlehlostí (*remoteness*), Anderson a Wincoop (2003) používají termín multilaterální obchodní přírážka a např. Baldwin a Tagliani (2004) hovoří o faktoru relativních cen.

Mezi nejčastější proměnné, reprezentující blízkost zemí, lze zařadit **společný jazyk a společné hranice**. Pro vyjádření těchto proměnných se využívají nula-jedničkové proměnné neboli dummy proměnné<sup>1</sup>. Pokud mají země **společný jazyk**, dummy proměnná nabývá hodnoty jedna, v jiných případech je rovna nule. Předpokládá se pozitivní působení tohoto faktoru na obchod. Obdobně kladné znaménko je očekáváno v případě **společné hranice**. Pokud země, resp. obchodní partneři mají společnou hranici, dummy proměnná je rovna jedné. Tuto proměnnou lze nalézt již v publikaci Aitkeny (1973). Tyto dvě proměnné odchyťávají kulturní a historické vazby mezi obchodními partnery (Stack, Pentecost, 2011) a nalezneme je ve většině publikací.

V kategorii geografických proměnných je vhodné zmínit proměnnou kontrolující, zda se jedná o vnitrozemskou zemi či ne. Tato proměnná se objevuje v několika publikacích (Rose, 2000; Rose, 2004; Martínez-Zarzoso, Suárez-Burguet, 2005; Carrère, 2006; Grant, Lambert, 2008; Aiello, Cardamone, Agostino, 2010) a je označována jako **landlocked (vnitrozemská) proměnná**. Reprezentuje, jak se obchodní tok liší u zemí, které jsou obklopeny pevninou, v porovnání se zeměmi, které jsou pobřežní či ostrovní (obecně mají přístup k moři).

Do 3. kategorie se dále řadí proměnné vytvářející či snižující překážky obchodu. Ševela (2002) mezi překážky uvádí **cla a rozdílné ceny**. Tyto proměnné působí negativně na obchod. Pozitivní dopad na obchod kromě zmíněného společného jazyku a hranice mají různé **uzavřené smlouvy** či **preferenční dohody** mezi partnery, **samotné obchodní preference**, **členství v obchodních blocích**, **doplňování se v komparativních výhodách** či **rozsah zahraničních investic** (Ševela 2002). Smlouvy, dohody a preference se modelují pomocí dummy proměnných. Předpoklad působení těchto proměnných je buďto kladný (jelikož dohody by měly snižovat překážky obchodu), nebo je hodnocení

1 Nula-jedničková proměnná je umělá proměnná sloužící pro vyjádření kvalitativních proměnných. V literatuře může být tato proměnná označena jako binární, indikátorová, kategoriální či dummy proměnná. V práci je nadále využíván pojem dummy proměnná.

směru a signifikance působení samotným cílem analýzy. Z prací zahrnujících vliv dohod můžeme jmenovat Nilssona (2002), který do gravitačních modelů zahrnul dohody EU, EFTA, NAFTA, CEECs. Členství v EU můžeme nalézt v práci Stacka (2009) či Ševely (2002). Členství APEC vzal v potaz Sohn (2005). Grant a Lambert (2008) zahrnuli do analýzy proměnnou pro odchycení vlivu dohod RTA mezi zeměmi. Cheng a Tsai (2008) vytvořili tři specifikace dummy proměnné pro dohody EEC, EFTA, EU, CUSFTA, LAFTA, MERCOSUR.

Dále se v modelech můžeme setkat s proměnnou reprezentující situaci a změny v měnovém kurzu. Pro odhady lze využít *nominální směnný kurz* (Egger, 2002), *reálný měnový kurz* (Ševela, 2002) či *index směnného kurzu* (Egger, Pfaffermayr, 2003). Poslední jmenovaní autoři uvádějí, že vysoký index směnného kurzu způsobuje, že zboží od vývozce je pro spotřebitele či firmy v zemi dovozu levnější, a tím pádem lze očekávat kladné znaménko odhadovaného parametru. Mátyás (1997) využil ve své práci *rezervy cizí měny dovozní země* pro aproximaci stability směnného kurzu. U parametru dané proměnné je očekáváno kladné působení na bilaterální export. Frankel a Rose (2002) zohlednili *měnu* v modelu prostou *dummy proměnou*, která byla rovna jedné v případě, kdy země měly shodnou měnu. U této proměnné lze očekávat pozitivní efekt na obchod.

Kromě daných proměnných navrhl řada autorů další faktory, které mohou mít vliv na zahraniční obchod. V publikaci Eggera (2002) nalezneme proměnné *podobnost velikosti zemí*, která koresponduje s vyjádřením velikosti ekonomiky či *životaschopnost smluv vývozce/dovozce a právní řád vývozce/dovozce*, které odrážejí svobodu země. Aiello, Cardamone a Agostino (2010) obohatili gravitační model o dummy proměnnou pro *označení země, která byla kolonií jiné země*. Sarkera a Jayasinghe (2007) analyzovali dopady na obchod kromě tradičních faktorů pomocí proměnné existence *čistého dovozce do EU ze země mimo EU*, která zachycovala míru otevřenosti členů EU vůči importům z nečlenských zemí. Bellak a Leibrecht (2009) ve své publikaci zmiňují proměnné *inflace, privatizace, politické riziko*. Martínez-Zarzoso a Suárez-Burguet (2005) zahrnuli do specifikace proměnnou týkající se *infrastruktury* dovozní a vývozní země. Autoři Wilson, Mann a Otsuki (2003) rozšířili faktory v gravitačním modelu o proměnné *efektivnost přístavu* vyjadřující kvalitu infrastruktury přístavů a letišť, *celní prostředí*, určenou pro měření přímých celních nákladů, transparentnost administrativy na celních a hraničních přechodech a *regulační prostředí* měřící ekonomický přístup k regulacím.

Kromě zmíněných proměnných by mohly být vytvořeny proměnné reprezentující typ produktů exportovaných (resp. importovaných) jednotlivými zeměmi, tj. vyjádření, zda země mají shodnou či přibližnou strukturu či nikoli. Lze očekávat rozdíl ve výši exportu či importu u zemí vyvážející výrobky s vysokou přidanou hodnotou či obchodující s nerostnými surovinami. Parametr dummy proměnné, která je rovna jedné v případě, kdy zkoumané země vyvážejí podobné produkty, by reprezentoval změnu objemu v bilaterálním obchodu v případě obdobné struktury produktů mezinárodního obchodu mezi zkoumanými zeměmi. V rámci zkoumání mezinárodního obchodu v sektoru zemědělství i mimo něj by do modelu mohla být přidána proměnná reprezentující *podíl zemědělství na hrubém domácím produktu*. Odhadnutý parametr dané proměnné a jeho testování by umožnily kvantifikovat efekt podílu zemědělství v ekonomice na bilaterální obchod a jeho významnost.

Následující tabulka 1 obsahuje nejčastější proměnné gravitačních modelů společně s předpoklady jejich působení. V tabulce je využito členění dle Nilssona (2000), které je autorkou tohoto článku rozšířeno do nižších úrovní. Proměnné byly sepsány na základě studia publikací, které jsou citovány v referencích na konci článku.

**Tabulka 1****Proměnné v gravitačním modelu a jejich předpoklady**

Proměnná	Druh proměnné	Předpoklad působení	Proměnná	Druh proměnné	Předpoklad působení
<i>Nabídka exportní země</i>			<i>Poptávka dovozní země</i>		
HDP/HND vývozní země	kvantitativní	+	HDP/HND dovozní země	kvantitativní	+
HDP/HND na obyvatele vývozní země	kvantitativní	– či +	HDP/HND na obyvatele dovozní země	kvantitativní	– či +
Populace vývozní země	kvantitativní	– či +	Populace dovozní země	kvantitativní	– či +
<i>Faktory napomáhající či omezující obchod</i>					
<i>a) Geografické faktory ovlivňující náklady</i>			<i>d) Zahraniční obchodní politika</i>		
			Cla	kvantitativní	–
Vzdálenost	kvantitativní	–	Celní preference	dummy	+
Sousedství, společná hranice	dummy	+			
Vnitrozemská země	dummy/kvant.	–	<i>e) Kurzové riziko</i>		
			Směnný kurz (nominální, reálný)	kvantitativní	+
<i>b) Historické vazby</i>			Index směnného kurzu	kvantitativní	+
Společný jazyk	dummy	+	Společná měna	dummy	+
Společné náboženství	dummy	+	Rezervy cizí měny dovozní země	kvantitativní	+
Společná kolonie	dummy	+			
			<i>f) Ostatní</i>		
<i>c) Dohody</i>			Rozsah zahraničních investic	kvantitativní	+
Uzavření smlouvy, preferenční dohody	dummy	+	Inflace	kvantitativní	–
Obchodní preference	dummy	+	Politické riziko	dummy	–
Členství v obchodních blocích	dummy	+	Kvalita infrastruktury	kvantitativní	+

Pramen: Vlastní zpracování (2012).

## 2. Problémy gravitačních modelů

Tato kapitola se věnuje problémům gravitačních modelů, se kterými se můžeme setkat při jejich odhadu. Při jejich ignoraci vzniká riziko zkreslených a zavádějících výsledků.

### Problém endogenity

Baier a Bergstrand (2007) uvádějí, že problém endogenity se objevuje nejčastěji u průřezových dat. Proměnné na pravé straně rovnice mohou být korelovány s náhodnou

složkou. Taková proměnná je pak ekonomicky považována za endogenní a odhady pomocí nejmenších čtverců nesplňují požadavek nestrannosti a jsou nekonzistentní. Možné zdroje endogenity lze rozdělit do tří skupin: opomenutá proměnná, simultánnost vztahů a chyby měření.

Na nebezpečí endogenity plynoucí z opomenuté relevantní proměnné upozornili také Stack a Pentecost (2011). Daný problém vzniká nejen při neúmyslném opomenutí, ale také při jejím vynechání kvůli potížím či nemožnosti ji kvantifikovat. Příkladem endogenity, který definovali Baier a Bergstrand (2004, 2007), může být proměnná vyjadřující uzavřenou smlouvu o volném obchodu (FTA). Dvě země mají větší tendenci uzavřít FTA smlouvu mezi sebou, čím větší je jejich HDP, čím jsou si geograficky blíže a čím více jsou vzdáleny od zbytku světa. Jelikož jsou tyto proměnné používány v gravitační rovnici, nelze proměnnou FTA považovat za exogenní. Kromě toho může být proměnná FTA korelována s náhodnou složkou. Náhodná složka odchyťává jevy, které nejsou v modelu, a může např. zastupovat bariéry související s politikou, které redukuje mezinárodní obchod mezi zeměmi. Tyto bariéry nejsou uvažovány v modelu, ale mohou být korelovány s rozhodnutím, zda uzavřít FTA. Endogenitu v modelu ovšem způsobuje chybějící proměnná. Pokud bude do modelu zahrnuta, problém endogenity bude odstraněn. Autoři uvádějí, že opomenutá proměnná v průřezových datech je hlavním zdrojem endogenity při odhadování FTA vlivů.

Problém endogenity při odhadech na průřezových datech byl v minulosti řešen rozšířením teoretických základů o další relevantní proměnné či využitím instrumentálních proměnných a Heckmanových kontrolních funkcí (Stack, Pentecost, 2011). Další možností, jak obecně vyřešit problém endogenity, je využití panelových dat s fixními či náhodnými efekty či prvních diferencí (Baier a Bergstrand, 2007). Při využívání panelových dat jsou do modelů přidány fixní efekty, které odchyťávají nepozorovatelné faktory skrz jednotlivé země. Jak uvádí Stack a Pentecost (2011), model se pak odhaduje buďto pomocí metody *Least Squares Dummy Variable* (LSDV) neboli metody nejmenších čtverců dummy proměnné (MNČD), nebo pomocí *Dynamic Least Squares Dummy Variable* (DLSDV), v češtině přeložitelné jako dynamická metoda nejmenších čtverců dummy proměnné (DMNČD). Wang, Wei a Liu (2010) navrhuji při existenci problému endogenity aplikovat metodu instrumentální proměnné (MIV) neboli *Instrumental Variable method* či zobecněnou metodu momentů, v originále *Generalised Method of Moments* (GMM). Instrumentální metodu použil dále Treffer (1993), který prokázal, že při započítání endogenity obchodních politik do modelu se důsledky těchto politik na importy do USA zvýší desetinásobně. Obdobně Lee a Swagel (1997) ukázali s využitím odhadu instrumentální proměnné, že dřívější odhady dopadů obchodní liberalizace na obchod byly značně podhodnoceny díky problému endogenity. Baiera Bergstrand (2007) jsou ale toho názoru, že využití instrumentálních proměnných neřeší problém endogenity úplně, a doporučují modely fixních efektů z panelových dat.

Kromě opomenutí proměnné může být endogenita způsobena simultánností vztahů. Příkladem může být HDP, který je potenciálně endogenní v modelu bilaterálních obchodních toků, jelikož je funkcí čistého exportu. Na toto upozornil již Frankel a Romer (1999). Jak ale uvádí Baier a Bergstrand (2007), existují věrohodné důkazy, proč endogenitu HDP ignorovat. Za prvé je HDP funkcí čistého mnohostranného exportu. Podíl exportu na HDP

je pak velmi nízký (do 5 %). Navíc vztah k hrubému exportu je mnohem méně přímý. Frankel (1997) ve své práci počítal s endogenitou národních příjmů s využitím instrumentálních proměnných. Jeho výsledky svědčí o tom, že endogenita způsobuje jen malou změnu ve výsledcích (cituje Baier a Bergstran, 2007). Pokud je některá proměnná podezírána z endogenity způsobené simultánností vztahů, řešením je odhad simultánních rovnic pomocí DMNČ neboli dvojstupňové metody nejmenších čtverců (v angličtině *Two-Stage Least Squares method*). Tak učinili např. Martínez-Zarzoso a Suárez-Burguet (2005).

### **Problém heterogenity**

Další diskutovanou otázkou v gravitačních modelech je heterogenita jednotek, tj. v případě mezinárodního obchodu rozdílnost zemí. Aiello, Cardamone, Agostino (2010) upozorňují, že opomenutí takovýchto faktorů činí odhady gravitačních rovnic zavádějící. Heterogenita může být způsobena pozorovatelnými i nepozorovatelnými faktory. Pokud pochází z pozorovatelných faktorů, jako je společný jazyk, společná hranice, náboženství apod., využívají se pro odchycení vlivu dummy proměnné (viz publikace Nilsson, 2000; Martínez-Zarzoso, Suárez-Burguet, 2005; Baier, Bergstrand, 2007). Nepozorované efekty se odchyťávají pomocí fixních efektů (FE). Fixní efekty pro jednotlivé země odčerpávají heterogenitu a můžeme je nalézt již v publikaci Mátyáse (1997), či dále pak Zahnisera a kol. (2002), Wilsona, Manna a Otsukiho (2003) a v mnohých dalších. Fixní efekty, případně náhodné efekty, jsou nejčastěji používanou formou řešení heterogenity v gravitačních modelech.

### **Problém identifikace modelu**

Jednoduchá gravitační rovnice vysvětluje mnohé v rámci bilaterálních obchodních toků a je konzistentní s mnoha teoretickými modely obchodu. Problém je, že alternativní teorie předpovídají nepatrné rozdíly v hodnotách klíčových parametrů v závislosti na tom, o jaké zboží se jedná a zda existují bariéry pro vstup na trh. Tím pádem pak může být problematické identifikovat odhadnutý gravitační model a přiřadit jej ke konkrétnímu teoretickému modelu mezinárodní směny (Feenstra, Markusen, Rose, 2001). Na identifikaci problém odhadovaného gravitačního modelu upozornili dále Evenett a Keller (2002). Autoři zmiňují, že nízká produkce je úplně specializovaná z důvodu specifických podmínek oblastí a do té doby, než bude v mezinárodním obchodě produkce úplně specializovaná napříč zeměmi, Heckscher-Ohlinův model a model diferencovaných produktů budou stejně pravděpodobné při odhadu gravitačního modelu. Po těchto zjištěních se zájem zaměřil na identifikaci základních obchodních modelů gravitačního odhadu. Sohn (2005) ve své práci navrhuje možnost, jak identifikovat model pomocí parametru vytvořené vysvětlující proměnné *TCI*. Odhad parametru  $\beta_{TCI}$  nám umožňuje rozlišit tři struktury (Heckscher-Ohlinův obchodní model s dominantním meziodvětvovou směnou; rostoucí výnosy z rozsahu s dominantní vnitroodvětvovou směnou; nejednoznačný model). Zároveň uvádí, že identifikace modelů je důležitější, když je gravitační model aplikován na jednu zemi, než v případě dvojice zemí, jelikož identifikace modelu poslouží k odhalení obchodních vzorů bilaterálních obchodních toků.



### 3. Přehled publikací gravitačních modelů

Tato kapitola se zaměřuje na publikace vytvořené v posledních obdobích a obsahuje vybrané publikace z časopisů s impakt faktorem od roku 2000 do roku 2011 včetně. Pro lepší přehlednost a možnost porovnání byl obsah publikací sepsán do tabulky 2. Vybrané články jsou seřazeny dle *data publikování*. V tabulce jsou dále uvedeny *jména autorů*, *cíl práce*, *využití závislé a nezávislé proměnné* pro odhad gravitačního modelu, *použitá data a odhadové techniky* včetně *hlavních závěrů* daných publikací. Použité zkratky jsou uvedeny na konci tabulky.

**Tabulka 2**

**Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2000 Nilsson	Vyšetřit skutečný a potenciální obchod mezi kandidátními zeměmi (CEEC a Kypr) a zeměmi EU. Prozkoumat, zda ekonomická kritéria EU pro členství zemí CEEC a Kypru jsou splněna.	<b>Import</b> země <i>i</i> ze země <i>j</i>  <i>i</i> ... dovozce <i>j</i> ... vývozce	HDP dovozní země, HDP vývozní země, HDP na obyvatele vývozní a dovozní země, vzdálenost, dummy proměnné zachycující obchod mezi zeměmi EU a EFTA, mezi zeměmi NAFTA, mezi zeměmi EU a CEECs atd., společná hranice, společný či podobný jazyk (celkem 10 dummy proměnných).	Země OECD, EU, CEECs, Kypr Data zprůměrovaná za roky 1995 a 1996 MNČ Logaritmická transformace <sup>2)</sup> (LOG-T)	Mezi všemi kandidátskými zeměmi a zeměmi EU je vysoký stupeň obchodní integrace. Kandidátské země by neměly čelit vážným obtížím při vypořádání se konkurenčnímu tlaku a tržním silám v rámci EU ve střednědobém horizontu. Stále ovšem existuje nevyužitý potenciál mezi některými kandidátními zeměmi a EU.
2001 Baier, Bergstrand	Zkoumání relativních účinků redukce dopravních nákladů, liberalizace cel, růst příjmu a sbližování příjmů na růst světového obchodu v období po druhé světové válce.	<b>Reálný bilaterální obchodní tok</b> z vývozní země <i>i</i> do dovozní země <i>j</i>	Nominální obchodní tok, průměrné reálné HDP, HDP vývozní a dovozní země, produkt reálného podílu HDP, relativní cenová hladina, hrubý c.i.f/f.o.b faktor, hrubá celní sazba.	16 OECD zemí průměr z let 1958–1960 průměr z let 1986–1988, MNČ <i>Diferencovaný logaritmický model</i>	Růst světového obchodu je v průměru vysvětlen z 67 % růstem příjmů, z 25 % redukcí cel, z 8 % poklesem dopravních nákladů. Sbližování příjmů nemá prakticky žádný efekt.

*Pokračování na straně 12*

## Tabulka 2 (pokračování)

### Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2002 Egger	Poskytnout náhled na správnou volbu odhadové techniky a nalézt problémy spojené s projekcí ve vzorku při zkoumání obchodních možností.	<b>Export zemí OECD</b>	Bilaterální součet HDP, směnný kurz, rozdíl v relativní vybavenosti faktoru, vzdálenost mezi hl. městy zemí, podobnost velikosti zemí, čtyři proměnné odrážející svobodu země: životaschopnost smluv vývoze/ dovoze, právní řád vývoze/dovoze, společná hranice, společný jazyk.	Země OECD a 10 zemí střední a východní Evropy Panelová data 1986–1997 <i>Model fixních efektů</i> (FE) <i>Model náhodných efektů</i> (RE) <i>Hausman Taylorův</i> (HT) <i>model</i>	Odhady gravitačních modelů na průřezových datech jsou nevhodné, pokud se data mění v čase. Autor doporučuje HT model. Pokud není konzistentní, navrhuje použít FE model. Projekce ve vzorku ( <i>in-sample projection</i> ) je nevhodná pro předpovídání obchodních toků. Předpovědi na základě projekce mimo vzorek ( <i>out-of-sample</i> ) mají smysl v prvotních fázích transformačního procesu. Velké rozdíly mezi skutečnou a teoretickou hodnotou by měly být považovány za indikátor špatné specifikace modelu.
2002 Zahniser, Pick, Pompelli, Gehlhar	Prozkoumat změny v zemědělském vývozu do zemí USA, které jsou členy NAFTA a MERCOSUR. Identifikovat významné změny v obchodě na agregované úrovni i u individuálních komodit.	<b>Zemědělský export USA</b> do země <i>i</i> v roce <i>t</i>  <b>Export konkrétních zemědělských komodit</b> či skupiny komodit	HDP dovozní země, 14 dummy proměnných reprezentující zapojení v NAFTA či MERCOSUR.	Země USA Panelová data 1980–1999  MNČ  <i>Zemědělský export</i> : 4 modely  <i>Konkrétní komodity</i> či <i>skupiny</i> : 32 modelů	Přistoupení Mexika do GATT oživilo export USA zemědělských komodit do této země. Koeficient tohoto členství je pozitivní a významný u 14 modelů komodit. Oproti tomu členství Mexika v NAFTA má pozitivní a významný dopad pouze u dvou komodit. Obchodní přínosy zajištěné členstvím v NAFTA se zdají být méně podstatné v oblasti vývozu zemědělských komodit v USA.

Pokračování na straně 13

**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2003 Egger, Pfaffermayr	Demonstrovat, že three-way panelové nastavení je pouze omezenou verzí svého více obecného protějšku, který navíc obsahuje dvoustranné interakční účinky.	<b>Bilaterální export</b>	HDP vývozce, HDP dovozce, populace vývozce, populace dovozce, rezervy cizí měny dovozní země, index směnného kurzu, vzdálenost, společná hranice a jazyk.	11 APEC zemí Nevyrovaný panel, 1982–1998  4 modely: Průřezová MNČ, FE model, Two-way s interakční FE, Three-way model  LOG-T	Koeficienty populace svědčí o negativním dlouhodobém dopadu na dvoustranné obchodní toky. Nejistota směnného kurzu působí negativně na obchod. Lepší specifikace obsahuje čas i country-pair efekty, které lépe zahrnuje two-way model než three-way model. Interakce mezi zeměmi tvoří ve two-way modelu velkou část variance.
2003 Wilson, Mann, Otsuki	Analyzovat vztah mezi možnostmi usnadňování obchodu ( <i>trade facilitation</i> ) a obchodními toky v asijsko-pacifické oblasti.	<b>Hodnota vývozu výrobků</b> ze země <i>j</i> do země <i>i</i>  <i>i</i> ... importér <i>j</i> ... exportér	HDP vývozce, HDP dovozce, HDP na obyvatele vývozce i dovozce, vzdálenost, dummy pro členství v NAFTA, ASEAN, LAIA; dummy pro jazyk: angličtina, španělština, čínština; společná hranice, valorická cla, efektivnost přístavu, celní prostředí, regulační prostředí, využití e-business.	Členské země APEC Panelová data 1989–2000  4 modely s fixními efekty  LOG-T	Zlepšení efektivnosti přístavů má velký a pozitivní dopad na obchodní toky. Zlepšení v oblasti cel a větší využívání e-business významně rozšiřuje obchod, ale v menší míře v porovnání se zlepšením přístavů a regulačních překážek. Obchod mezi zeměmi APEC by mohl vzrůst o 21 %, pokud by členové, kteří mají podprůměrné ukazatele, zlepšili kapacitu na polovinu průměru všech členů APEC.

Pokračování na straně 14

## Tabulka 2 (pokračování)

### Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2004 Gopinath, Echeverria	Přezkoumat vztah mezi přímými zahraničními investicemi (PZI) a dvoustranným obchodem. Určit determinanty a směr jejich působení na tyto veličiny.	<b>Export</b> ze země $i$ do země $j$ <b>dělený</b> <b>přímými zahraničními investicemi</b> ze země $i$ do země $j$	HDPI na obyv.*HDPj na obyv., populace země $i$ *populace země $j$ , vzdálenost mezi hlavními městy, členství v EU, 6 proměnných zastupující institucionální vzdálenost: významná ale pouze prom. hlas a odpovědnost.	85 bilaterálních dvojic Průřezová data 1998 HDP, HDP na obyv. a populace pro 1989–1998  ZMNČ: <i>FE model, No-Fixed effect model</i>  LOG-T	S rostoucí vzdáleností dvou zemí export vývozní země relativně klesá ve srovnání s produkcí, která je založena na přímých zahraničních investicích (PZI). Regionální obchodní dohody a HDP na obyvatele prospívají spíše obchodu než PZI. Institucionální vzdálenost je relevantní při rozhodování, zda vyvážet do cizích zemí či namísto toho vytvářet přímé zahraniční investice v cizích zemích.
2005 Cheng, Wall	Porovnat různé specifikace gravitačního modelu obchodu, mezi něž je zařazen i model s fixními efekty párů zemí pro kontrolu heterogenity.	<b>Export</b> ze země $i$ do země $j$ v čase $t$	HDPI, HDPj, populace země $i$ , populace země $j$ , vzdálenost, společná hranice, společný jazyk. Dummy proměnné pro regionální integraci: Evropský obchodní blok, blok Severní Ameriky, blok Jižní Ameriky =MERCOSUR, dohoda CER mezi Austrálií a Novým Zélandem, FTA mezi Izraelem a USA.	29 zemí Panelová data Roky: 1982, 1987, 1992, 1997  MNČ: <i>Pooled-cross-section (PCS) model</i>  MNČD: modely FE, SFE, XFE, MPD  LOG-T	Výsledky PCS a FE modelu jsou výrazně odlišné, když jsou do modelu vloženy proměnné pro odhad obchodních bloků. Standardní PCS model je vychýlený. Tento problém je eliminován použitím two-way FE modelu, ve kterém jsou použity efekty páru zemí a časové dummy proměnné. FE model s fixními efekty párů zemí (country-pair FE) je statisticky preferován před ostatními variantami. Dopady integrace se mohou výrazně lišit v jednotlivých specifikacích.

Pokračování na straně 15

**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2005  Martínez-Zarzoso, Suárez-Burguet	Prozkoumat endogenitu proměnné dopravních nákladů.  Ohodnotit relativní důležitost různých determinantů mezinárodního obchodu.	1. rovnice: <b>Dopravní náklady</b>  2. rovnice: <b>Bilaterální import</b> latinsko-amerických zemí ze zemí EU	1. rovnice: Poměr hmotnost–hodnota, vzdálenost, velikost importu mezi zemí $i$ a $j$ , kvalita infrastruktury dovozní země, kval. infrastruktury vývozní země, vnitrozemská země, společný jazyk, efektivnost přístavů, efekt specifického produktu  2. rovnice: HDP <sub>i</sub> , HDP <sub>j</sub> , HDP <sub>i</sub> na obyvatele, HDP <sub>j</sub> na obyvatele, dopravní náklady, další dummy proměnné viz 1. rovnice	5 zemí Latinské americky (importéři) a 12 zemí EU (exportéři)  Disagregovaná data, 1998  Pouze 1. rovnice: PCS  Simultánní odhad: DMNČ  LOG-T	Proměnné obchodu a dopravních nákladů mají mezi sebou simultánní vztah. Kvalita infrastruktury je významným faktorem ovlivňujícím dopravní náklady. Zlepšení infrastruktury by vedlo k růstu obchodu. Vyšší objem obchodu snižuje dopravní náklady. Úspory z rozsahu jsou relevantní proměnnou určující velikost dopravních nákladů. Zvýšení konkurenceschopnosti lze dosáhnout aplikováním takových politik, které povedou k redukci dopravních nákladů.
2006  Carrère	Ukázat, že predikce dopadů RTA z hlediska obchodní tvorby a obchodního odklonu jsou velmi rozdílné dle toho, zda jsou využita průřezová data či panelová, která kontrolují nepozorovatelné charakteristiky každého páru zemí	<b>Agregovaný celkový bilaterální import</b> země $i$ ze země $j$  $i$ ...dovozce $j$ ...vývozce	HDP země $i$ , HDP země $j$ , populace země $i$ , vzdálenost mezi zeměmi, společná hranice, vnitrozemská země, úroveň infrastruktury dovozní i vývozní země, mnohostranný obchodní odpor dovozní a vývozní země (nazývaný <i>odlehlost</i> )	130 zemí Odhady pro průřezová data i panelová data 1962 – 1996  <i>Model od Baiera a Bergstranda s vlastními modifikacemi.</i> <i>RE model</i> <i>Odhad instrumentální proměnné</i> LOG-T	Oproti výsledkům dřívějších studií odhady ukazují, že regionální dohody přinesly významný nárůst obchodu mezi členskými státy, často na úkor zbytku světa. Odhady na panelových datech poskytuje více věrohodné odhady průměrných efektů RTA. Pozornost by měla být věnována především správné specifikaci gravitačního modelu. Panelový odhad se specifickými bilaterálními náhodnými efekty se ukázal opodstatněný pro korekci endogenity.

Pokračování na straně 16

## Tabulka 2 (pokračování)

### Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2006 Kang, Fratianni	Otestovat interakci mezi stupněm ekonomického vývoje (aproximováno členstvím v OECD) a podobností náboženství v zemích.	<b>Bilaterální obchodní tok vyjádřený průměrnými exporty obou zemí</b>	Reálné HDP, reálné HDP na obyvatele, vzdálenost <i>Dummy</i> : obě země OECD, jedna země OECD, žádná země OECD, každá verze členství OECD * In vzdálenost, obě křesťanské země, obě islámské země, jedna křesťanská a jedna islámská země, žádné náboženství, každá verze náboženství * In vzdálenost, 11 RTA dohod, společná hranice, společný jazyk, společný kolonizátor, koloniální vztah, společná měna.	Země, které jsou i nejsou členy OECD Roční data 1980–2003  MNČ  2 <i>modely</i> : Model s OECD proměnnými  Model s OECD proměnnými a náboženstvím  LOG-T	Členství zemí v OECD a podobnost náboženství jsou vysoce statisticky významné determinanty obchodních toků. Transakční náklady jsou menší pro islámské země než pro křesťanské.  Očekávané obchodní toky jsou největší, když člen OECD obchoduje s nečlenem a daní partneri nejsou náboženské země. Očekávaný bilaterální obchod klesne o 48,1 %, pokud dvě země jsou členy OECD a jedna je křesťanského vyznání a druhá je islámská. Nejnížší očekávaná hodnota obchodu se vyskytuje u zemí, které nejsou průmyslové a jedna z nich je křesťanská a druhá islámská.
2007 Baier, Bergs- trand	Zodpovědět otázku, zda dohody volného obchodu (FTA) skutečně zvyšují mezinárodní obchod mezi partnery.	<b>Nominální bilaterální obchodní tok z vývozní země i do dovozní země j</b>	HDP vývozní země, HDP dovozní země, vzdálenost mezi ekonomickými centry, společný jazyk, společná hranice, <i>dummys</i> pro dohody o volném obchodu.	96 zemí Průřezová data v letech: 1960, 1970, 1980, 1990, 2000  2 <i>modely</i> z <i>průřezových dat</i> a 1 <i>model</i> z <i>panelových dat</i>	Odhady dopadů FTA na obchodní toky, které jsou postaveny na průřezových datech, jsou zkreslené. Dochází k podhodnocení efektů o 75–85 %, a to s největší pravděpodobností kvůli nepozorovatelné heterogenitě. Metoda instrumentální proměnné při odhadu na průřezových datech nekontroluje endogenitu dostatečně. Nejvíce věrohodné odhady jsou získány při využití panelových dat s bilaterálními fixními efekty, země-čas efekty, nebo při aplikaci diferencovaných panelových dat s země-čas efekty.

Pokračování na straně 17

**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2007  Tzouve- lekas	Předložit alternativní způsob odhadu gravitační rovnice, který zahrnuje heterogenitu mezi párem obchodních zemí.	<b>Objem bilaterálního obchodu</b> mezi zeměmi $i$ a $j$	HDP vývozní země, HDP dovozní země, populace vývozní a dovozní země, vzdálenost mezi ekonomickými centry.	15 zemí EU Průřezová data 1997  MNČ: <i>Standardní gravitační model (SGM) z průřezových dat</i>  ZMNČ: <i>Stochastic varying coefficient gravity (GMSP) model</i>  LOG-T	Odhady SGM se mohou podstatně lišit od modelů, které pracují s heterogenitou. Modelem, umožňujícím namodelovat heterogenitu je GMSP. Důležité faktory určující obchod jsou populace vývozní a dovozní země a HDP vývozní a dovozní země. Vliv nezávislých proměnných je menší ve GMSP modelu. GMSP model se zdá být vhodnější specifikací než SMG.
2008  Cheng, Tsai	Prošetřit vývoj dopadů rozšíření a posílení regionálních bloků pomocí různých typů gravitačních modelů a určit nejvhodnější specifikaci. Zhodnotit dopady regionální evropské integrace (REI).	<b>Celkový export</b> ze země $i$ do země $j$	HDP země $i$ , HDP země $j$ , populace země $i$ , populace země $j$ , reálný měnový kurz (konverzní faktor pro oficiální poměr kurzu), vzdálenost mezi hlavními městy, společný jazyk, společná hranice. Dummy proměnná pro regionální bloky: EEC, EFTA, EU, CUSFTA, NAFTA, LAFTA, MERCOSUR tři verze pro každý blok.	Celkem 57 zemí (1771 párů obchodujících zemí) Vyvážený panel 1981–1997 MNČ <i>SGM pouze s konstantou</i> <i>HPOM (heterogeneous trading pair) modely</i> <i>Modely fixních efektů s three-way specifikací.</i> LOG-T	Země, které jsou členy EEC, obchodují mezi sebou více v porovnání s průměrným obchodním párem nečlenských zemí (nárůst o 43,6 %). Vnitřní efekt REI je pozitivní a statisticky významný. Země EEC jsou méně otevřené vůči nečlenským zemím než průměrná země, ale efekt je nevýznamný. Stejný směr působení jako u EEC byl odhadnut i u členství v EU. Země EFTA mezi sebou obchodují méně (pokles o 17,5 %) oproti průměrnému nečlenskému páru. Členství v NAFTA, LAFTA a MERCOSUR zvyšuje obchod mezi členskými zeměmi. Země NAFTA a MERCOSUR jsou otevřené i zemím mimo daný blok. HPOM modely jsou preferovány před ostatními.

Pokračování na straně 18

**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2008 Grant, Lambert	Demonstrovat, že dopady RTA závisejí na tom, zda je analyzován zemědělský či nezemědělský sektor. Prokázat, že kromě toho dopady závisejí na druhu RTA a délce období realizace.	<b>Hodnota bilaterálního obchodu</b> ze země <i>i</i> do země <i>j</i> <b>Hodnota bilaterálního obchodu</b> ze země <i>j</i> do země <i>i</i> <b>j dělená součtem HDP</b> země <i>i</i> a <i>j</i>	HDP vývozní a dovozní země, vzdálenost, společná hranice, společný jazyk, vnitrozemské země, RTA mezi zeměmi.  <i>Pozn.</i> Data pro proměnné pro 2 komoditní skupiny: zemědělskou a nezemědělskou.	69 jednotlivých zemí a 17 agregovaných Panelová data 1982–2002  <i>6 panelových specifikací a 1 diferencovaná panelová specifikace</i>  LOG-T	Úspěšná liberalizace obchodu se zemědělskými komoditami v rámci RTA by mohla přinést větší obchodní odezvu ve srovnání s nezemědělským sektorem. Může trvat několik let, než se efekty RTA projeví v obchodu ze sektoru zemědělství. Odhadnuté efekty závisejí na druhu RTA a na délce implementace RTA. Výsledky efektů RTA se mohou lišit s ohledem na jednotlivé dohody.
2009 Fidrmuc	Prodiskutovat odhady dlouhodobých vztahů gravitačních modelů na základě panelových kointegračních technik.	<b>Průměr exportu a importu</b> mezi zeměmi <i>i</i> a <i>j</i>	Reálné HDP vývozní země, reálné HDP dovozní země,  <i>Pozn.</i> Fixní efekty párů zemí (country-pair FE) Specifické efekty času (time-specific FE)	OECD země Panelová data 1980 – 2002  <i>Testy jednotkového kořene:</i> LLC, IPS, CADF  <i>FE, RE, DYMNČ, PMMNČ</i>  <i>Panelový test kointegrace</i>  LOG-T	Bilaterální obchod a HDP jsou nestacionární, I(1). Výsledky různých technik panelové kointegrace (DYMNČ, PMMNČ) jsou si vysoce podobné. Dále je jim podobný odhad FE modelu. Fixní efekty zobrazují dlouhodobý vztah mezi proměnnými a pokrývají endogenitu mezi příjmem a obchodními toky. Možné zkrácení dřívějších studií používající fixní efekty na nestacionární data je dosti malé.
2009 Stack	Zhodnotit dopad evropské mezinárodní integrace na obchod. Odhadnout několik variant modelu fixních efektů, které povolují různé stupně prostorové a časové heterogenity.	<b>Bilaterální export</b>	HDP vývozní a dovozní země, HDP na obyvatele vývozní a dovozní země, jejich transformace, náklady na dopravu, vzdálenost, společné hranice, společný jazyk, členství v EU.	12 zemí EU a 20 partnerských zemí OECD Panelová data 1992–2003  <i>GM tradičních obchodních determinantů,</i> <i>GM nové obchodní teorie,</i> <i>FE model,</i> <i>PCS model</i>  LOG-T	Pozitivní významný koeficient pro proměnnou členství EU klesá na významu, čím větší stupeň heterogenity je v modelu povolen a následně se stává nevýznamným. Výsledky zdůrazňují nutnost správně pracovat s heterogenitou v panelových datech, jinak odhadnuté parametry a standardní chyby mohou být zkrácené. Při hodnocení dopadů obchodních politik je velmi důležitá ekonometrická specifikace gravitačního modelu.

Pokračování na straně 19



**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2010 Aiello, Cardamone Agostino	Vyhodnotit vliv nerekipročních preferenčních obchodních politik (NRPTs) na vývoj vývozu v rozvojových zemích. Zjistit, zda agregace ovlivňuje odhadnutý vliv NRPTs.	<b>Export</b> <i>Tři úrovně agregace:</i> celkový vývoz, celkový zemědělský vývoz, vývozní toky 10 skupin zemědělských produktů.	HDP vývozce, HDP dovozce, velikost populace vývozce i dovozce, vzdálenost, společný jazyk, společné hranice, uzavřená RTA, dummy proměnná pro zemi, která byla kolonií jiné země, množství společných ostrovů, množství vnitrozemských zemí, preferenční dohody v oblasti exportu	Importující země: OECD Exportující země: 184 různých zemí.  Panelová data 1995 – 2003  MNČD: <i>FE model</i>  LOG-T	Existuje významný pozitivní dopad politik nerekipročních preferenčních obchodů, které byly aplikovány v rozvinutých zemích v období 1995–2003. Agregace dat ovlivňuje odhadnuté výsledky dopadů obchodních preferencí. NRPTP garantované členy OECD rozvojovým zemím nepřinášejí vždy úspěch, jak je odhadováno při agregovaných datech. Ve skutečnosti účinnost NRPTP je pozitivní a významná pouze pro některé produkty.
2010 Wang, Wei, Liu	Rozšířit originální gravitační rovnici zahrnutím R&D (explicitní úprava technologie) a FDI (přímé zahraniční investice) a tím poskytnout alternativní rozšíření gravitačního modelu. Prošetřit možnou endogenitu vysvětlujících proměnných.	<b>Export</b> ze země <i>i</i> do země <i>j</i>  <b>Bilaterální obchod (export + import)</b> mezi zeměmi <i>i</i> a <i>j</i>	Součet HDP vývozní a dovozní země, podobnost v úrovních HDP mezi obchodními partnery, vzdálenost, součet domácích R&D země <i>i</i> a <i>j</i> , podobnost v úrovních domácích R&D partnerských zemí, součet celkového přílivu FDI země <i>i</i> a <i>j</i> , podobnost v úrovních celkového přílivu FDI partnerských zemí, podobnost poměru práce-kapitál či vzdálenost mezi zeměmi ve vztahu k relativní vybavenosti faktorem.	19 zemí OECD s Belgií a Lucemburskem Panelová data 1980–1998 <i>Testy jednotkového kořene:</i> LLC, IPS, MW Test kointegrace Durbin-Wu-Hausman test endogenity <i>Model fixních efektů z panelových dat</i>	Dle testů jednotkového kořene jsou panelová data stacionární. Existuje dlouhodobý vztah mezi proměnnými. Nevyskytuje se problém s endogenitou vysvětlujících proměnných. Geografická vzdálenost zůstává podstatným faktorem determinujícím obchodní toky. Celkové domácí R&D, podobnost R&D, příliv FDI a podobnost celkového přílivu FDI jsou důležitou příčinou obchodních toků.

Pokračování na straně 20

**Tabulka 2 (pokračování)****Přehled řešené problematiky, vybrané publikace z vědeckých časopisů v období 2000–2011**

Rok a autor	Cíl	Závislá proměnná	Nezávislé proměnné	Použitá data a odhadová technika <sup>1)</sup>	Hlavní výsledky
2011  Stack, Pentecost	Zkoumat významnost evropské regionální integrace s použitím panelového kointegračního přístupu.  Diskutovat problém zkreslení výsledků díky endogenitě	<b>Bilaterální export</b>	Suma HDP vývozní a dovozní země, podíl HDP obou zemí, absolutní rozdíl logaritmu HDP na obyvatele, vzdálenost, společné hranice, společný jazyk, členství v EU.	12 zemí EU a 20 zemí OECD Panelová data 1992–2003  POLS DYMNČ LSD DMNČD  <i>GM nové obchodní teorie</i>  LOG-T	Při hodnocení účinků obchodních politik je zapotřebí řádně pracovat s endogenitou. Oba odhady MNČ indikují pozitivní a významný vliv dummy proměnné pro EU. MNČD odhad svědčí o malém pozitivním efektu integrace EU na obchod. Na rozdíl od tohoto dynamický MNČD odhad indikuje, že mezinárodní integrace má mnohem větší pozitivní efekt na obchod.

<sup>1)</sup> Odhadová technika – seznam použitých zkratk, řazeno abecedně, v závorce uveden původní anglický název metod:

**CADF** = očistěný průřezový Dickey-Fullerův test (Cross-sectionally Augmented Dickey Fuller test), **DMNČ** = dvojstupňová metoda nejmenších čtverců (TSLS = Two Stage Least Squares method), **DMNČD** = dynamická metoda nejmenších čtverců dummy proměnné (DLSDV = Dynamic Least Squares Dummy Variable estimator), **DYMNČ** = dynamická metoda nejmenších čtverců (DOLS = Dynamic Ordinary Least Squares method), **FE** = model fixních efektů (Fixed Effects model), **GM** = gravitační model, **GMSP** = gravitační model se stochastickým parametrem (SVCG = Stochastic Varying Coefficient Gravity model), **HPOM** = heterogenní párově obchodní model (HTP = Heterogeneous Trading Pair model), **HT** = Hausmanův a Taylorův model, **IPS** test = Im, Pesaran, Shin (2003) test, **LLC** = Levin, Lin, Chu (2002) test, **LOG-T** = logaritmická transformace, která je zmíněna u většiny publikací, je provedena vždy pro všechny proměnné s výjimkou dummy proměnných, **MNČ** = metoda nejmenších čtverců (OLS = Ordinary Least Squares method), **MNČD** = metoda nejmenších čtverců dummy proměnné (LSDV = Least Squares Dummy Variable estimator), **MPD** = model prvních diferencí (DFE = First-differenced model), **MW** = Maddala and Wu test, **PCS** = model sdružené průřezové regrese (Pooled-Cross-Section model), **PMMNČ** = plně modifikovaná metoda nejmenších čtverců (FMOLS = Fully Modified Ordinary Least Squares method), **RE** = model náhodných efektů (Random Effects model), **SFE** = symetrický model fixních efektů (Symmetric Fixed-Effects model), **SGM** = standardní gravitační model, **XFE** = model fixních efektů s unikátní hodnotou směru obchodu od Mátyáse (1997), **ZMNČ** = zobecněná metoda nejmenších čtverců (GLS = Generalized Least Squares method).

Pramen: Vlastní zpracování (2012).

**Závěr**

Gravitační modely jsou stále více využívány pro zkoumání mezinárodního obchodu a analyzování podstatných veličin působících na obchodní toky. Jejich význam nabývá na velikosti s rostoucí integrací a globalizací celého světa. Trend vývoje počtu publikací obsahujících gravitační model je exponenciální. Zatímco v 80. letech nalezneme na *Web of Science* v kategorii ekonomie 17 publikací, v 90. letech bylo vytvořeno 59 publikací a od roku 2000 do konce roku 2009 včetně můžeme hovořit o 370 publikacích. Od 80. let tak hovoříme o 446 publikacích v oblasti ekonomie, z nichž 83 % bylo vytvořeno od roku 2000. Na začátku bylo gravitačním modelům vytýkáno nedostatečné teoretické zázemí, toto bylo napraveno koncem 70. let a v průběhu 80. let. I přes vyřešení tohoto úskalí se vyskytly další problémy, které snižovaly hodnotu gravitačních modelů. Mezi nejzávažnější patří problém endogenity a problém heterogenity, které zkreslují výsledné odhady. Problém endogenity byl řešen rozšiřováním vysvětlujících proměnných o další relevantní proměnné. Tím gravitační modely začaly velmi narůstat na své velikosti.

Autoři Gopinatha a Echeverria (2004) vzali v potaz přes 14 vysvětlujících proměnných, aby se vyhnuli specifikačnímu problému. Jiní autoři řešili endogenitu aplikací jiných odhadových metod, jmenovitě odhadem instrumentálních proměnných či využitím Heckmanových kontrolních funkcí. Autoři jako Baier a Bergstrand (2007), Cheng a Wall (2005), Ghosh a Yamarik (2004) spatřují jádro problému endogenity i heterogenity v průřezových datech. Tyto problémy lze odstranit při aplikaci panelových dat a modelů s fixními či náhodnými efekty. Někteří autoři poukazují na problém identifikace modelu, ale jak uvedl Sohn (2005), identifikace je důležitá, když jsou zkoumány obchodní vzory jedné země. Mezi nejčastější metody aplikované ve 21. století lze zařadit modely fixních efektů a jejich různé specifikace. Z hlediska dat jsou nejvíce využívána panelová data. V současné době se dále rozšiřuje využívání metod v oblasti nestacionárních dat a kointegrace. Gravitační modely jsou stále kladně hodnoceny díky jejich potenciálu vysvětlit velkou variabilitu mezinárodních obchodních toků. Egger a Pfaffermayer (2003) označují tyto modely za nejúspěšnější nástroj pro odhadování bilaterálních obchodních vztahů. V prvopočátcích byly gravitační rovnice využívány pro měření velikosti potenciálních obchodů a zkoumání obchodních vzorů zemí. Následně se rozšířila aplikace na hodnocení regionální integrace, zkoumání účinků regionálních obchodních dohod, dohod volného obchodu a dalších. V neposlední řadě lze prostřednictvím modelů hodnotit efekty měnových unií, přímých zahraničních investic či vliv náboženství a kvality infrastruktury na obchod. I přes různé odhadové metody je nejdůležitějším faktorem, na který upozorňuje většina autorů, správná specifikace modelu.

## Literatura

- AIELLO, F.; CARDAMONE, P.; AGOSTINO, M. R. Evaluating the Impact of Nonreciprocal Trade Preferences Using Gravity Models. *Applied Economics*. 2010, vol. 42, issue 28–30, s. 3745–60.
- AITKEN, N. D. The Effect of the EEC and EFTA on European Trade: a Temporal Cross-section Analysis. *American Economic Review*. 1973, vol. 63, issue 5, s. 881–892.
- ANDERSON, J. E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*. 1979, vol. 69, issue 1, s. 106–116.
- ANDERSON, J. E.; WINCOOP, E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*. 2003, vol. 93, issue 1, s. 170–92.
- BAIER S. L.; BERGSTRAND J. H. The growth of the world trade: tariffs, transport costs, and income similarity. *Journal of International Economics*. 2001, vol. 53, issue 1, s. 1–27.
- BAIER, S. L.; BERGSTRAND, J. H. Economic determinants of free trade agreements. *Journal of International Economics*. 2004, vol. 64, issue 1, s. 29–63.
- BAIER, S. L.; BERGSTRAND, J. H. Do Free Trade Agreements Actually Increase Members' International Trade? *Journal of International Economics*. 2007, vol. 71, issue 1, s. 72–95.
- BALDWIN, R.; TAGLIONI, D. 2004. Positive OCA criteria: Microfoundations for the Rose effect [on-line]. Graduate Institute of International Studies, Geneva. [www.tcd.ie/iis/documents/archive/seminar%20papers/baldwinROSE.pdf](http://www.tcd.ie/iis/documents/archive/seminar%20papers/baldwinROSE.pdf).
- BELLAK, Ch.; LEIBRECHT, M. Do low corporate income tax rates attract FDI? – Evidence from Central and East European countries. *Applied Economics*. 2009, vol. 41, issue 21, s. 2691–2703.
- BERGSTRAND, J. H. The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economics and Statistics*. 1985. Vol. 67, issue 3, s. 474–481.

- BERGSTRAND, J. H. The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition and the Factor-Proportions Theory in International Trade. *Review of Economics and Statistics*. 1989, vol. 71, issue 1, s. 143–153.
- CARRÉRE, C. Revisiting the Effects of Regional Trade Agreements on Trade Flows with Proper Specification of the Gravity Model. *European Economic Review*. 2006, vol. 50, issue 2, s. 223–47.
- DEARDORFF, A. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? In FRANKEL, J. A. (ed.). *The Regionalization of the World Economy*. Chicago : University of Chicago Press, 1998. s. 7–32.
- EGGER, P. An Econometric View on the Estimation of Gravity Models and the Calculation of Trade Potentials. *World Economy*. 2002, vol. 25, issue 2, s. 297–312.
- EGGER, P.; PFAFFERMAYER, M. The proper panel econometric specification of the gravity equation: A three-way model with bilateral interaction effects. *Empirical Economics*. 2003, vol. 28, issue 3, s. 571–80.
- EICHENGREEN, B.; IRWIN, D. A. The Role of History in Bilateral Trade Flows. The Regionalization of the World Economy [NBER Project Report series]. Chicago; London : University of Chicago Press, 1998, s. 33–57.
- EVENETT, S. J.; KELLER W. On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation. *Journal of Political Economy*. 2002, vol. 110, s. 281–316.
- FEENSTRA R. C.; MARKUSEN J. R.; ROSE A. K. Using the Gravity Equation to Differentiate among Alternative Theories of Trade. *Canadian Journal of Economics*. 2001, vol. 34, no. 2, s. 430–447.
- FIDRMUC, J. Gravity Models in Integrated Panels. *Empirical Economics*. 2009, vol. 37, issue 2, s. 435–446.
- FRANKEL, J. A. *Regional Trading Blocs in the World trading system*. Washington, DC : Institute for International Economics, 1997.
- FRANKEL, J. A.; ROMER, D. Does trade cause growth? *American Economic Review*. 1999. Vol. 89, issue 3, s. 379–399.
- FRANKEL, J. A.; ROSE, A. An Estimate of the Effect of Common Currencies on Trade and Income. *Quarterly Journal of Economics*. 2002, vol. 117, issue 2, s. 437–66.
- GOPINATH, M.; ECHEVERRIA, R. Does Economic Development Impact the Foreign Direct Investment-Trade Relationship? A Gravity-Model Approach. *American Journal of Agricultural Economics*. 2004, vol. 86, issue 3, s. 782–87.
- GRANT J. S.; LAMBERT D. M. Do regional trade agreements increase members' agricultural trade? *American journal of agricultural economics*. 2008, vol. 90, issue 3, s. 765–82.
- HAMILTON C. B.; WINTERS A. L. Opening up International Trade with Eastern Europe. *Economic Policy*. 1992, vol. 7, issue 1, s. 78–116.
- HARRIGAN, J. Specialization and the Volume of Trade: Do the Data Obey the Laws? In CHOI, E. K.; HARRIGAN, J. (eds.). *Handbook of International Trade*. Oxford : Blackwell Publishing, 2003, s. 85–118.
- HELPMAN, E.; KRUGMAN P. *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition and the International Economy*. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1985.
- CHENG, I.-H.; TSAI, Y.-Y. Estimating the staged effects of regional economic integration on trade volumes. *Applied Economics*. 2008, vol. 40, issue 3, s. 383–393.
- CHENG, I.-H.; WALL, H. J. Controlling for Heterogeneity in Gravity Models of Trade and Integration. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*. 2005, vol. 87, issue 1, s. 49–63.
- IM, K. S.; PESARAN, M. H.; SHIN, Y. Testing for unit root in heterogenous panels. *Journal of Econometrics*. 2003, vol. 115, issue 1, s. 53–74.
- KANG, H.; FRATIANNI, M. International trade, OECD membership, and religion. *Open Economies Review*. 2006, vol. 17, issue 4–5, s. 493–508.
- LEE, J.-W.; SWAGEL, P. Trade Barriers and Trade Flows across Countries and Industries. *Review of Economics and Statistics*. 1997, vol. 79, issue 3, s. 372–82.

- LEVIN, A.; LIN, Ch.-F.; CHU, Ch.-S. J. Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*. 2002, May 2002, vol. 108, issue 1, s. 1–24.
- LINNEMAN, H. *An econometric study of world trade flows*. Amsterdam : North-Holland Publishing, 1966.
- MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; SUÁREZ-BURGEUT, C. Transport Costs and Trade: Empirical Evidence for Latin American Imports from the European Union. *Journal of International Trade & Economic Development*. 2005, vol. 14, issue 3, s. 353–371.
- MÁTYÁS, L. Proper Econometric Specification of the Gravity Model. *World Economy*. 1997, vol. 20, issue 3, s. 363–68.
- MELITZ J. North, South and distance in the gravity model. *European Economic Review*. 2007, vol. 51, issue 4. s. 971–991.
- NILSSON, L. Trade Integration and the EU Economic Membership Criteria. *European Journal of Political Economy*. 2000, vol. 16, issue 4, s. 807–27.
- NITSCH, V. State Visits and International Trade. *World Economy*. 2007, vol. 30, issue 12, s. 1797–1816.
- OGULEDO V. I.; MACPHEE, C. R. Gravity models: A reformulation and an application to discriminatory trade arrangements. *Applied Economics*. 1994, vol. 26, issue 2, s. 107–120.
- PÖYHÖNEN, P. Tentative Model for the Volume of Trade between Countries. *Weltwirtschaftliches Archiv*. 1963, vol. 90, issue 1, s. 93–100.
- ROSE A. K. One Money, One Market: The Effect of Common Currencies on Trade. *Economic Policy: A European Forum*. 2000, vol. 15, issue 30, s. 7–33.
- ROSE, A. K. Do We Really Know That the WTO Increases Trade? *American Economic Review*. 2004, vol. 94, issue 1, s. 98–114.
- SARKER, R.; JAYASINGHE, S. Regional Trade Agreements and Trade in Agri-food Products: Evidence for the European Union from Gravity Modeling Using Disaggregated Data. *Agricultural Economics*. 2007, vol. 37, issue 1, s. 93–104.
- SOHN, C.-H. Does the gravity model explain South Korea's trade flows? *Japanese Economic Review*. 2005, vol. 56, issue 4, s. 417–430.
- STACK, M. M. Regional Integration and Trade: Controlling for Varying Degrees of Heterogeneity in the Gravity Model. *World Economy*. 2009, vol. 32, issue 5, s. 772–89.
- STACK, M. M.; PENTECOST, E. J. Regional Integration and Trade: A Panel Cointegration Approach to Estimating the Gravity Model. *Journal of International Trade and Economic Development*. 2011, vol. 20, issue 1, s. 53–65.
- ŠVELA, M. Gravity-type model for Czech agricultural export. *Agricultural Economics*. 2002, vol. 48, issue 10, s. 463–466.
- TINBERGEN, J. *Shaping the World Economy: Suggestion for an International Economic Policy*. New York, NY : Twentieth Century Fund, 1962.
- TREFLER, D. Trade liberalization and the theory of endogenous protection: an econometric study of U.S. import policy. *Journal of Political Economy*. 1993, vol. 101, issue 1, s. 138–160.
- TZOUVELEKAS, V. Accounting for Pairwise Heterogeneity in Bilateral Trade Flows: A Stochastic Varying Coefficient Gravity Model. *Applied Economics Letters*. 2007, vol. 14, issue 10–12, s. 927–30.
- WANG, Ch.; WEI, Y.; LIU, X. Determinants of Bilateral Trade Flows in OECD Countries: Evidence from Gravity Panel Data Models. *World Economy*. 2010, vol. 33, issue 7, s. 894–915.
- WILSON, J. S.; MANN C. L.; OTSUKI, T. Trade Facilitation and Economic Development: A New Approach to Quantifying the Impact. *World Bank Economic Review*. 2003, vol. 17, issue 3, s. 367–89.
- ZAHNISER, S. S.; PICK, D.; POMPELLI, G.; GEHLHAR, M. J. Regionalism in the Western Hemisphere and Its Impact on U.S. Agricultural Exports: A Gravity-Model Analysis. *American Journal of Agricultural Economics*. 2002, vol. 84, issue 3, s. 791–97.

## GRAVITY MODEL OF INTERNATIONAL TRADE, ITS VARIABLES, ASSUMPTIONS, PROBLEMS AND APPLICATIONS

**Abstract:** The paper deals with the issues of gravity models applied in the field of trade flow analysis. Applied variables, assumptions of their impacts, problems of gravity equations and their resolving (namely the endogeneity problem, the heterogeneity problem, and the identification problem) are defined in this paper. The paper provides a detailed overview of selected gravity model publications in scientific papers with an impact factor since 2000. According to the document analysis, it is clear that panel data are the most commonly used type of data in the 21<sup>st</sup> century. Fixed effects models are recommended. The choice of variables depends on the subject being examined and on the aim of the analysis. Correct model specification and inclusion of relevant variables are highly important. The results were elaborated as part of the research project IGA 20121050 "Spatial regional market integration with agricultural raw materials".

**Keywords:** Gravity model, trade flows, assumption of variables, endogeneity problem, heterogeneity problem, identification problem, panel models.

**JEL Classification:** C10, F10, Q17

**BÁRTA, V.; BÁRTOVÁ, H. *Homo spotřebitel*. 1. vyd. Praha : Vysoká škola ekonomická, Nakladatelství Oeconomica, 2012. 320 s. ISBN 978-80-245-1822-0.**

Cílem publikace je chování spotřebitele. Struktura výkladu se odvíjí od archetypu trojúhelníku – Homo spotřebitel je zobrazován jako jednota tří úrovní: makroekonomické, rodinné a individuální. Všechny tři polohy mají na jeho chování zásadní vliv, i když jsou subjektivně vnímány s různou intenzitou.

Na makro úrovni jsou tvořeny klíčové rozměry celkové úrovně spotřeby, projevují se na ní dynamika vývoje spotřeby a vliv základních determinant ekonomiky, technického vývoje užitečných vlastností produktů a potřeb podmíněných soužitím s přírodou. Vývoj je definován jednak trendy, jejich variabilitou (koridory vývoje). Spotřebitel je vyjadřován ve virtuální podobě „průměrného“ spotřebitele. Ten se projevuje i jako norma, od které se odvíjejí aspirace spotřebitele, představy bohatství i chudoby. A jsou tak jedním z východisek spotřebního chování.