

DECENTRALIZOVANÉ ŘEŠENÍ DOPRAVNÍ ÚLOHY: EXPERIMENTÁLNÍ PŘÍSTUP

David Martinčík, Olga Sojková, Radek Aleš

ÚVOD

Minimalizace dopravních nákladů je častou úlohou manažerské praxe. Její řešení probíhá standardním postupem od identifikace problému a následné formulace úlohy přes výběr vhodné analytické či heuristické metody až k vlastnímu výpočtu a aplikaci výsledků do praxe. Celý tento postup začíná přirozeně tím, že řešitel zná daný problém a dokáže odpovídající úlohu naformulovat, tedy zná kritériální funkci, omezující podmínky a všechny proměnné a parametry. Cílem příspěvku je podat laskavému čtenáři důkaz, že je možné, aby dopravní úlohu řešil samotný trh resp. decentralizovaná rozhodnutí jednotlivých tržních aktérů. Ačkoliv žádný z tržních aktérů nezná úlohu jako celek, tak sledování svého individuálního zájmu všemi aktéry vede k řešení, která mohou být velice blízko řešením optimálním. Závažnost tohoto výsledku přesahuje z oblasti manažerského řízení a operační analýzy daleko do oblasti teoretické ekonomie a do oblasti environmentálních věd, nicméně také přesahuje rámec tohoto článku. Pozornost se proto soustřeďuje pouze na myšlenku využití experimentální ekonomie pro úlohy manažerského řízení a na návrh designu konkrétního classroom experimentu dopravní úlohy a na interpretaci jeho výsledků.

1. EXPERIMENTÁLNÍ EKONOMIE

Na rozdíl od agentových simulací pomocí počítače (agent-based computational economics) je podstatou experimentální ekonomie zkoumání chování živých agentů (dále také experimentálních subjektů) pomocí využívání řízených her, tj. experimentů (Friedman, Cassar, 2005). Každý experiment zkoumá chování konkrétního ekonomického systému, který má dvě složky. Za prvé je to skupina experimentálních subjektů (agentů), jejichž jednání je vlastním předmětem

experimentu, za druhé pak institucionální uspořádání, v jehož rámci probíhají interakce mezi subjekty (Smith, 1987). Subjekty jsou charakterizovány svou rolí, počátečním vybavením, disponibilními technologiemi (reprezentováno produkční funkcí) a preferovanými výstupy (reprezentováno kritériální funkcí). Instituce sestávají z přípustných množin volby agentů a z funkčního stavu, který slouží k určení výsledku interakce mezi subjekty. Přesné dodržování struktury ekonomického systému zajistí při opakovaných pokusech **interní validitu experimentu**, tj. opakovatelnost a kontrolu ovlivňujících faktorů. Opakovatelnost umožňuje jakémukoliv výzkumníkovi dle instrukcí opakovat experiment a nezávisle verifikovat výsledky. U terénních výzkumů je opakovatelnost často velmi obtížná, neboť data byla sesbírána v unikátních časových i prostorových podmínkách a opakování terénního výzkumu by také bylo provázeno nemalými finančními náklady. Možnost kontrolovat laboratorní podmínky a zároveň je podle potřeby měnit představuje další výhodu laboratorních (classroom) experimentů. Na základě sledování ekonomického chování a fungování simulovaného trhu pak lze hodnotit alternativní teorie a přístupy. Podobná kontrola je u terénních výzkumů komplikovaná a jakákoliv manipulace se vstupními proměnnými téměř vyloučená (Davis, Holt 1993).

Externí validita závisí zejména na tom, do jaké míry je experimentem zkoumaný ekonomický systém věrnou aproximací reality (Cox, Oaxaca, 1991). Často uváděným problémem experimentů je přílišné zjednodušování. Aby mohl být určitý problém zkoumán za pomoci experimentu, je nutné poměrně komplikované prostředí trhu přizpůsobit experimentálním podmínkám. Výsledky získané v takto zjednodušených podmínkách už ovšem v reálných podmínkách nemusí být platné. Na

druhé straně ovšem experimentální ekonomové říkají, že pokud ekonomická teorie selže v taktu zjednodušených podmínkách, jak by mohla fungovat ve složitých podmínkách reálných.

Cílem ekonomického experimentu je obecně získání dat, která mohou následně sloužit k různým účelům – pro ověření platnosti konkrétního ekonomického modelu (Plott, Sunder, 1982), pro kalibraci parametrů konkrétního modelu (Binswanger, 1981), pro posouzení vzájemné konfrontace alternativních teorií (Friedman, Ostroy, 1995), nebo pro vytvoření zcela nového modelu či teoretického přístupu (Friedman, Rust, 1993). Kromě čistě vědeckých účelů jsou zejména v posledních letech experimenty a z nich vzešlá data využívány i v řešení praktických úloh hospodářské politiky, jejich použití je vhodné především v oblasti institucionálního inženýringu (Milgrom, 2000), (Binmore, Klemperer, 2002).

Dnešní experimentální ekonomie rozlišuje v zásadě tři základní typy classroom experimentů (Davis, Holt 1993):

- **tržní experimenty** (market experiments), které modelují trh a tržní mechanismus,
- **herní experimenty** (game experiments), jež aplikují teorii her
- **experimenty individuální volby** (individual-choice experiments), které se zaměřují na individuální jednání ekonomických aktérů.

Ačkoliv se stále většina mainstreamových ekonomů staví skepticky k využívání experimentů jako právoplatné vědecké metody při zkoumání ekonomické teorie i reality, experimentální ekonomie si postupně získává své zastánce a upevňuje svoji pozici jako plnohodnotná součást soudobé ekonomické vědy. Dokladem toho je naprosto brilantně propracovaná metodologie experimentální ekonomie, na níž se nejvýznamněji podílel Vernon Lomax Smith (*1927), nositel „Nobelovy ceny za ekonomii“ z roku 2002 za *zavedení laboratorních experimentů jako nástroje empirické analýzy, především při studiu alternativních tržních mechanismů*. Největší přínos k metodologii experimentální ekonomie –

teorii indukované hodnoty - vyvinul Vernon L. Smith už v letech 1963-65 v rámci seminářů na Purdue University ve státě Indiana, kde tehdy působil. V roce 1974 ji přednesl na semináři na California Institute of Technology (Smith Vernon L. Bibliographical, 2002), avšak písemně ji publikoval teprve v roce 1976 v článku *Experimentální ekonomie: Teorie indukované hodnoty* (Smith, 1976). Teorie indukované hodnoty přesvědčivě argumentu, že experimentální subjekty se budou chovat dle přidělené kriteriální funkce tehdy, pokud budou splněny následující podmínky: monotónnost, výsledkovost a dominance. Dle podmínky monotónnosti musí být zvoleno takové odměňovací médium, aby jeho větší získání bylo experimentálními subjekty vždy hodnoceno kladně. Vyjádřeno řečí mainstreamové neoklasické mikroekonomie u tohoto média musí být splněn axiom nepřesycení. Druhá podmínka – výsledkovost – vyžaduje, aby odměna (množství získaného odměňovacího média) byla přímo závislá na výkonu daného subjektu v experimentu. Není možné tedy dávat experimentálním subjektům pouze paušální odměnu (za účast), ale je třeba respektovat úspěšnost, s jakou každý experimentální subjekt nalezl extrém své kriteriální funkce. Poslední podmínka – dominance – tvrdí, že odměna musí být dostatečně vysoká a tedy pro experimentální subjekt atraktivní, aby přírůstek užitku experimentálního subjektu ze získání dodatečné jednotky odměňovacího média byl vždy vyšší než subjektivní náklady spojené s jejím získáním. Jinými slovy získání dodatečné odměny musí být vždy vyšší než subjektivní újma plynoucí z toho, že svým rozhodnutím např. poškodí ostatní experimentální subjekty. Obvyklým odměňovacím médiiem proto bývají peníze, resp. možnost získat značnou částku peněz (vzhledem k bohatství experimentálního subjektu) za „kvalitní“ maximalizaci či minimalizaci experimentální kriteriální funkce. Experimentální ekonomie byla a pravděpodobně navždy zůstane doménou univerzitního výzkumu, nikoliv jiných ekonomických výzkumných institucí a proto jsou experimentálními subjekty téměř výhradně studenti různých stupňů vysokoškolského

studia. Proto v souvislosti s rychlým rozvojem experimentální ekonomie od 80. let a tedy i rostoucím počtem realizovaných experimentů, vyvstala ryze praktická otázka nalezení jiného odměňovacího média, když grantové finanční prostředky již nestačí. Jako řešení se objevilo používání bonusových bodů k zápočtu či zkoušce u předmětů, které jsou alespoň částečně propojeny s předmětem daného experimentu. Li (1991) dokazuje, že toto odměňovací médium je stejně dobré jako skutečné peníze a Grossman, Komai (2006) dokonce dokazují, že je lepší. Bonusové body k zápočtu a zkoušce jako odměňovací médium v classroom experimentech velkého rozsahu používají také Isaac, Walker, Williams (2000).

Většina základních učebnic se ani neobtěžuje experimentální ekonomii zmínit, a pokud ji zmíní vyučující, tak obvykle v kritickém tónu. Avšak expanze experimentální ekonomie se v posledních cca 20 letech nezastavila ani před makroekonomií, což se zdá být příslovečným posledním hřebíkem do rakve jejích odpůrců. Experimentální makroekonomie je podoblastí experimentální ekonomie, která využívá kontrolovatelné laboratorní metody k porozumění agregátním makroekonomickým fenoménům a ověřování specifických předpokladů a predikcí makroekonomických modelů, podrobný přehled tohoto podává Duffy (2006) a (2008). V současné literatuře lze nalézt mnoho příkladů makroekonomických experimentů. Většinou se jedná o jednoduché ekonomické systémy, kde se rozhodování hráčů týká pouze jedné makroekonomické oblasti – např. determinace měnových kurzů, peněžní iluze, bubliny na trzích aktiv a krachy, run na banky, spekulativní útoky na měnu, dopady rozličných fiskálních na monetárních politik (Duffy, 2006). Objevují se i experimenty týkající se komplexních dynamických makroekonomických systémů – DSGE modelů. Často se jedná o velké zjednodušení oproti standardnímu teoretickému modelu. Např. Hey, Dardanoni (1988), Carbone, Hey (2004), Noussair, Matheny (2000), Lei, Noussair (2002) a Ballinger et al. (2003) redukovat Ramsey-Cass-Koopmansův model na rozhodování na jediném trhu. Použití dvou trhů můžeme najít u

Noussair, Pfajfar, Zsiros (2011). Experimentální ekonomie dnes prakticky zasahuje do všech oblastí zkoumání ekonomické teorie a hospodářské politiky.

2. EXPERIMENTÁLNÍ EKONOMIE V MANAŽERSKÉM ŘÍZENÍ A DOPRAVNÍCH ÚLOHÁCH

V rámci navýsost praktických disciplín, jakými je management, marketing nebo podniková ekonomika, však nenajdeme prakticky žádnou penetraci ze strany experimentální ekonomie. Světlou výjimkou jsou konkrétní doporučení Polívky (2012) pro aplikaci metodologie experimentální ekonomie v marketingovém výzkumu. V oblasti operační analýzy a tedy z praktického pohledu v oblasti dopravy a logistiky je již situace mírně odlišná. Ve světové literatuře lze nalézt několik málo realizovaných experimentů, které se týkají těchto témat.

Isacsson a Nilsson (2003) realizovali experiment zaměřený na alokaci kapacit železničních cest mezi vzájemně soutěžící dopravce za použití různých aukčních mechanismů. Lunander a Nilsson (2004) prováděli experiment na zadávání veřejných zakázek na vodorovné dopravní značení, kde velcí dodavatelé měli klesající průměrné náklady a malí dodavatelé měli rostoucí průměrné náklady. Tyto experimenty lze označit jako experimenty, kde agenti hrají role veřejné autority a soukromého dodavatele či dopravce. Experimenty kde agenti hrají roli konečných uživatelů dopravy (cestujících) realizovali Selten et. al (2007), Ziegelmeyer et al. (2008) a Innozenti et al. (2009). Ve všech případech se jednalo o experimenty individuální volby, při kterých výsledek agentů závisel na rozhodnutích ostatních agentů – modelování dopravní zácpy v osobní automobilové dopravě. Jiné dopravní experimenty, kde agenti jsou jak koneční uživatelé, tak i dopravní společnosti, zaměřené na Downs-Thomsonův paradox (rostoucí kapacita silnic způsobí posun od veřejné k soukromé dopravě, na což reaguje veřejný dopravce – železnice - buď zvýšením ceny nebo omezením služeb a to vede k vyšším celkovým dopravním nákladům resp. k delším časům jízdy oběma způsoby dopravy)

realizovali Denant-Boèmont, Hammiche (2009) a Dechenaux, Mago, Razzolini (2013). Nejvíce podobné našemu jsou experimenty autorů Holguin-Veras, Thorson (2003) a Holguin-Veras, Thorson, Ozbay (2004), zaměřené na okružní dopravní problém. V nich studenti hráli role nákladních dopravců maximalizujících zisk, jejichž úkolem bylo dopravit náklad do určených destinací. Studenti měli určit okružní jízdy a slučováním zásilek se měli snažit o plnou využitelnost dopravních prostředků. Poté byla destinace přidělena nejlevnější dopravní nabídce. V dalším kroku mohla být ještě trasa okružní jízdy ze strany dopravců změněna. Ačkoliv je design experimentu velice nerealistický, autoři našli relativně dobrou shodu mezi parametry odhadnutými z experimentálních dat a jejich teoretickými hodnotami a tvrdí: „... *experimentální ekonomie je schopna zachytit, alespoň z části, něco ze základní dynamiky městské nákladní dopravy a tento přístup má velký potenciál v této oblasti výzkumu.*“

3. DESIGN A VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ DOPRAVNÍ ÚLOHY

Námi realizovaný experiment byl přímo zaměřen na vyváženou dopravní úlohu, kde studenti hráli role jak dopravců, tak zákazníků. Každý dopravce měl k dispozici určité množství komodity, které musel během experimentu

Tab. 1: Dopravní úloha použitá v experimentu

Kapacity \ Požadavky	Zákazník č. 1 16 jednotek	Zákazník č. 2 24 jednotek	Zákazník č. 3 18 jednotek	Zákazník č. 4 22 jednotek
Dopravce A 12 jednotek	7	5	5	6
Dopravce B 18 jednotek	5	6	6	5
Dopravce C 16 jednotek	7	6	5	4
Dopravce D 20 jednotek	4	4	5	7
Dopravce E 14 jednotek	6	5	7	5

Minimální dopravní náklady činí 370, náklady vypočtené Vogelovou aproximační metodou činí 376 a náklady vypočtené indexovou metodou činí 388. Jednotliví účastníci experimentu ovšem neznali takto zadanou

prodat zákazníkům. Znal přitom dopravní náklady spojené s dodáním jedné jednotky komodity jednotlivým zákazníkům. Cílem dopravců bylo získat co největší zisk, tj. rozdíl mezi tržbami od zákazníků a dopravními náklady. Zákazníci, kteří dopravní náklady pochopitelně neznali, měli na začátku k dispozici určité množství peněz a jejich cílem bylo, aby jim po nakoupení předem určeného množství komodity co největší množství peněz zbylo. Experiment byl realizován s 324 studenty prvního ročníku bakalářského studia. Obchodování probíhalo v rámci devíti-členných skupin (5 dopravců a 4 zákazníci). Pro jednotlivé skupiny byla realizována jedna z následujících aukcí: dvojitá aukce, poptávková aukce a nabídková aukce. Celkem byl experiment realizován ve 36 skupinách, dvojitá aukce v 18 skupinách a poptávková a nabídková vždy v 9 skupinách. Podrobný popis designu experimentu je uveden v příloze, kde čtenář nalezne kompletní instrukce použité při jeho realizaci. Jako odměňovací médium byly použity bonusové body k zápočtu.

Konkrétně použitá dopravní úloha je shrnuta v tabulce č. 1, která obsahuje počáteční zásobu komodity dopravců (kapacity), množství komodity požadované jednotlivými zákazníky (požadavky) a matici jednotkových dopravních nákladů.

úlohu jako celek, ale jednotliví dopravci znali pouze jim příslušný řádek tabulky č. 1. Jednotliví zákazníci věděli pouze, kolik jednotek mají koupit. Dopravní náklady jsou pro dopravce externími náklady, které se snaží výběrem zákazníka a v rámci cenových

vyjednávání minimalizovat. Sledování individuálních cílů ve vzájemné konkurenci nakonec vedlo k více než dobrým výsledkům v podobě minimalizace celkových dopravních nákladů. Experimentální výsledky vyjádřené jak v dosažených celkových dopravních nákladech,

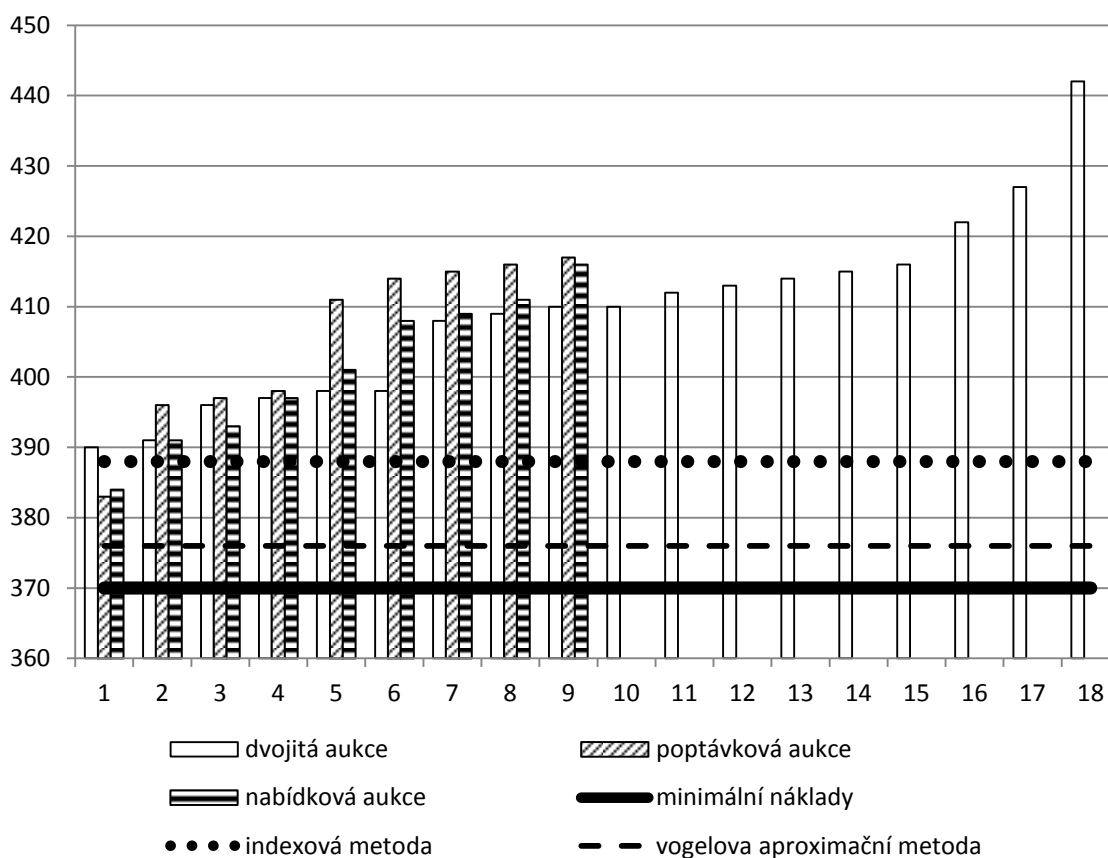
tak v procentním překročení minimálních nákladů jednotlivými skupinami tedy realizacemi experimentu přináší tabulka č. 2. V grafické podobě jsou pak dosažené výsledky patrné na obrázku č. 1 a to včetně zobrazení výsledků heuristických metod – indexové a Vogelovy aproximační metody.

Tab. 2: Dosažené náklady a překročení minimálních nákladů v % (seřazeno od nejlepších realizací)

	390	391	396	397	398	398	408	409	410
	5,41%	5,68%	7,03%	7,30%	7,57%	7,57%	10,27%	10,54%	10,81%
dvojitá aukce	410	412	413	414	415	416	422	427	442
	10,81%	11,35%	11,62%	11,89%	12,16%	12,43%	14,05%	15,41%	19,46%
poptávková aukce	383	396	397	398	411	414	415	416	417
	3,51%	7,03%	7,30%	7,57%	11,08%	11,89%	12,16%	12,43%	12,70%
nabídková aukce	384	391	393	397	401	408	409	411	416
	3,78%	5,68%	6,22%	7,30%	8,38%	10,27%	10,54%	11,08%	12,43%

Zdroj: výsledky experimentu

Graf 1: Dosažené náklady (seřazeno od nejlepších realizací)

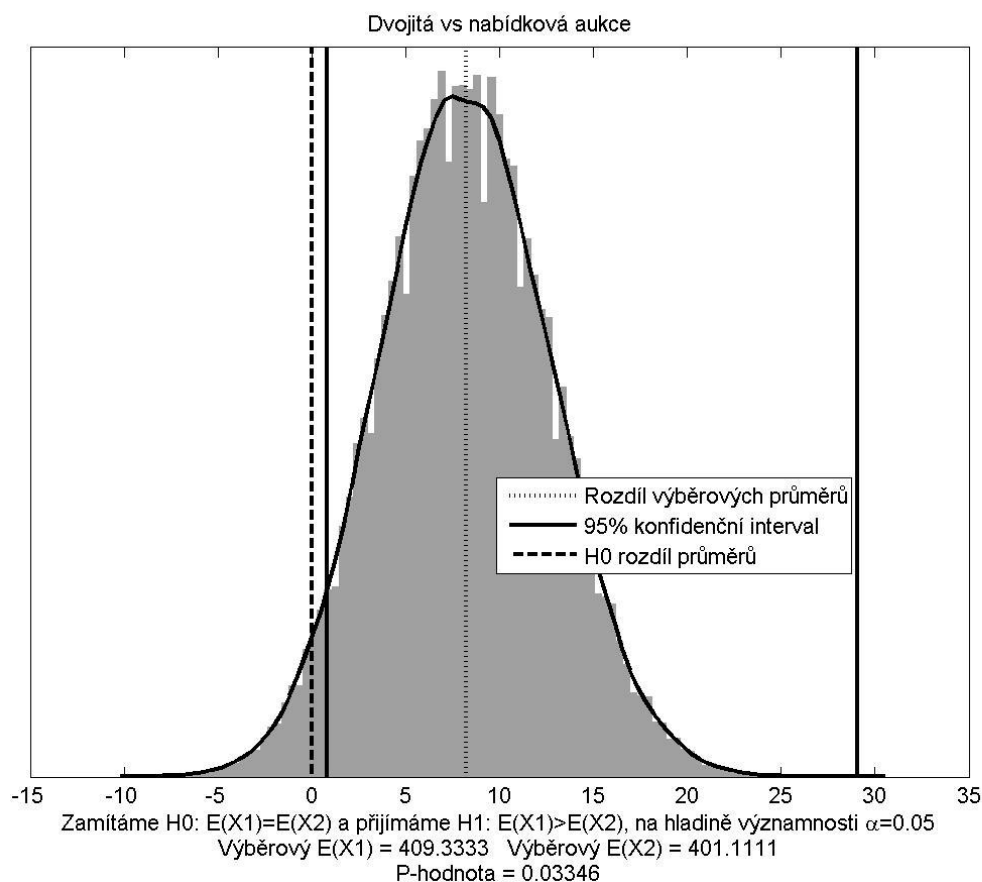


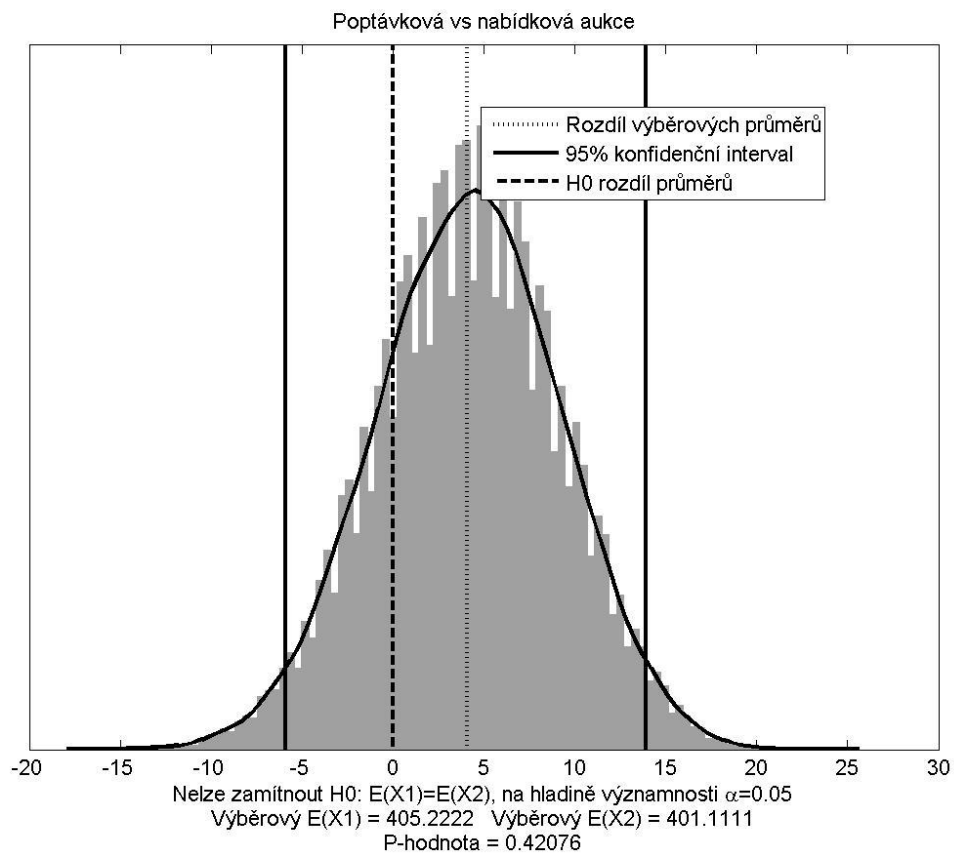
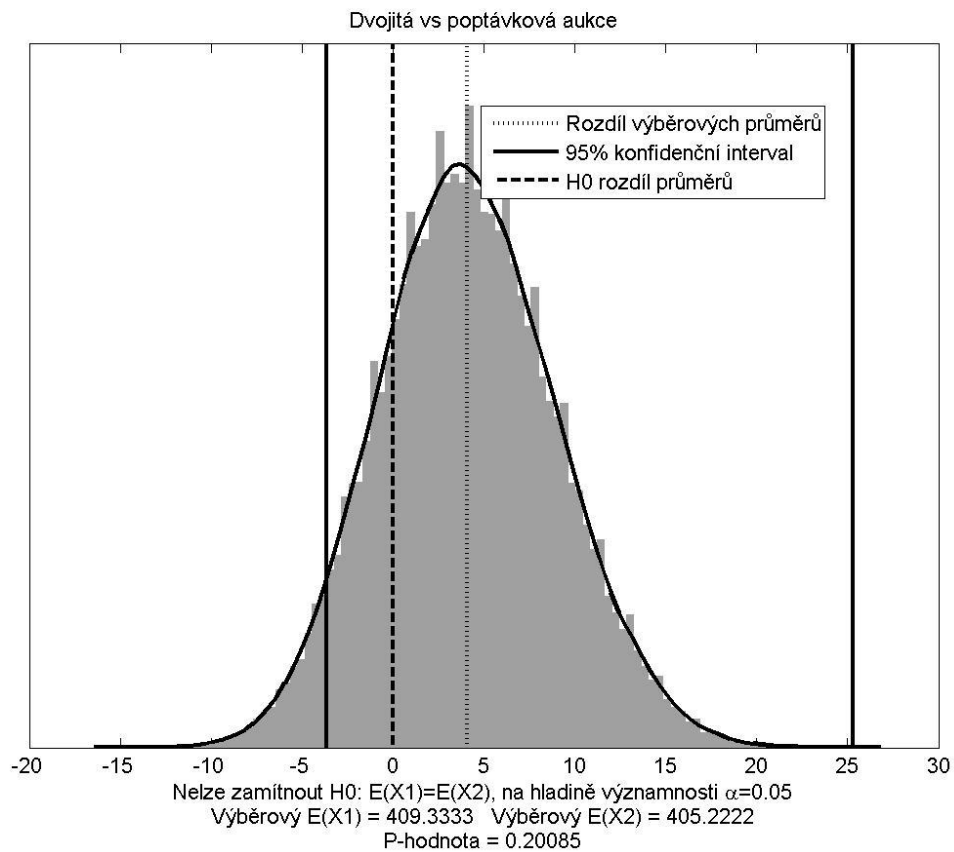
Zdroj: výsledky experimentu

Výsledky naznačují, že zvolený typ aukce nemá vliv na výsledek tržního vyjednávání. Vzhledem k malému množství dat použijeme bootstrapové odhady rozdílu středních hodnot dopravních nákladů dosažených jednotlivými typy aukcí. Výsledek názorně ukazuje obrázek č. 2, kde je patrné, že jediný statisticky významný rozdíl byl zjištěn mezi dvojitou a nabídkovou aukcí.

Tomuto zjištění však autoři nepřikládají velkou váhu, neboť rozdíl není příliš velký. Navíc obecně je možno zdůvodnit horší výsledek u dvojitě aukce tím, že pokud spolu současně bez jakýchkoliv pravidel vyjednává 5 prodávajících a 4 kupujících, tak se studenti pravidelně uchylují k vytvoření menších skupin či přímo dvojic, kde pak obchodují pouze mezi sebou.

Graf 2: Porovnání středních hodnot dosažených nákladů pomocí bootstrapu





Zdroj: výsledky experimentu

ZÁVĚR

Výsledky řešení úlohy minimalizace dopravních nákladů dosažené tržní interakcí jednotlivých dopravců a zákazníků ve vzájemné konkurenci jsou více než přesvědčivé. Sledování individuálních zájmů na svobodném trhu (tj. decentralizované řešení) tak vedlo v řadě realizací pouze k nepatrné odchylce od minimálního využívání externích zdrojů, jakými jsou právě neustálá nutnost dopravy a s ní spojené náklady. Zároveň se naplnilo očekávání experimentátorů, že zvolený typ aukce nemá na tento výsledek žádný vliv. Uvedené výsledky je možno interpretovat ze tří odlišných úhlů pohledu. Prvním z nich tvrzení, že svobodné lidské jednání na trzích je zatím nepochopený univerzální algoritmus řešení mnoha typů optimalizačních úloh. Druhým je tvrzení, že se můžeme spokojit s decentralizovaným řešením nějaké praktické úlohy a nemusíme podstupovat náklady na koncentraci všech informací o úloze k centralizovanému řešiteli. Příklad úplné nemožnosti koncentrace všech informací k centralizovanému řešiteli nalezneme ve sporu o ekonomickou racionalitu socialismu. V této souvislosti vyvstává zcela pochopitelná otázka, zda by se k centralizovanému řešiteli neměla dostat alespoň na nějakém stupni agregovaná data a on by poté mohl učinit „první kolo optimalizace“, tedy provedl by optimální distribuci zdrojů mezi většími celky, např. je nazvěme velkoobchodníky, a další kola by již byla plně v režii trhů, kde by zmínění velkoobchodníci dodávali na konkurenčních trzích maloobchodníkům a ti pak dále dalším a dalším odběratelům. Pokud si však uvědomíme, že největší ekonomickou silou na trzích není skutečná, ale potenciální konkurence (pouhá myšlenka na to, že nějaký jiný podnikatel si může všimnout mé vlastní podnikatelské chyby a vstoupit na „můj trh“, je dostatečným důvodem k tomu, žádné chyby nedělat, či se o to alespoň maximálně snažit), tak musíme nutně dojít k závěru, že tržní rozdělení zdrojů mezi zmíněné velkoobchodníky, kteří sami svoji velikost, svůj rozsah trhu, atd. přizpůsobují okolním

podmínkám, musí být lepší než optimální rozdělení zdrojů mezi „neoptimální“ velkoobchodníky. Posledním tvrzením je, že trh, ačkoliv nespĺňuje mainstreamové charakteristiky dokonalé konkurence, neplytvá přírodními zdroji. Z těchto pozic je možno úspěšně napadnout environmentální ekonomii, resp. tu její část, která je založena na tržních selháních.

Aby autoři dodali dostatečnou váhu těmto třem uvedeným tvrzením, již nyní intenzivně pokračují v experimentálním výzkumu decentralizovaného řešení dopravní úlohy. Jako další vhodné bezprostřední kroky se jeví zvýšení srozumitelnosti experimentálních instrukcí, jejich lepší komunikace směrem k experimentálním subjektům – studentům, důslednější naplnění teorie indukované hodnoty a v neposlední řadě také výběr více rozdílných dopravních úloh pro realizaci, což by výsledkům dodalo požadovanou robustnost.

Článek vznikl v rámci projektu Studentské grantové soutěže ZČU v Plzni, SGS-2014-047 Kvantitativní modelování a experimenty pro ekonomii a podnikovou ekonomiku.

PŘÍLOHA: INSTRUKCE PRO ÚČASTNÍKY EXPERIMENTU

Mezinárodní obchod s ropou

Pokyny pro experiment konaný ...

Základní pravidla jak bude hra probíhat

- Při příchodu do učebny obdržíte od experimentátora záznamový arch, do kterého budete zapisovat své aktivity v rámci hry. Tím budete rozděleni **do pěti devíti-členných**, které budou v průběhu celé hry oddělené. Kromě záznamových archů dostanete také papírky pro činění nabídek v aukcích.
- V každé skupině bude **5 prodávajících**, země těžící ropu, (označení A, B, C, D, E) a **4 kupujících**, země spotřebovávající ropu, (označení 1, 2, 3, 4).
- Každý prodávající zná svoje **těžební kapacity**. Náklady na těžbu jedné

množstevní jednotky (nazveme ji tanker) jsou ve všech zemích stejné a proto je můžeme považovat za utopené náklady a z experimentu úplně vypustit. Prodávající však musí ke kupujícím ropu nějak dopravit (tankery tam musí dojet) a proto uvažujeme **dopravní náklady**. Tyto náklady jsou prodávajícím známy. Tedy, prodávající A např. ví, že dopravní náklady při prodeji jednoho tankeru kupujícímu č. 1 jsou 5, kupujícímu č. 2 jsou 3, atd.

- Kupující mají na začátku k dispozici předem známé **množství peněz** a zároveň znají **celkové množství, které se musí nakoupit** (přitom se nerozlišuje původ ropy, tedy ropa od všech prodávajících je stejná).
- Snahou prodávajících je mít **maximální zisk** za celou hru, tedy sumu jejich tržeb minus sumu dopravních nákladů.
- Snahou kupujících je mít na konci hry **maximální množství peněz**, tedy rozdíl mezi počátečním vybavením penězi a sumou výdajů. Přičemž musí uspokojit veškeré své potřeby, tj. nakoupit předepsané množství. Pokud tuto podmínku nesplní, je jejich výsledek brán jako nulový. Pokud nakoupí více než je předepsané množství, je jejich výsledek také nulový.
- Obchodování probíhá podle pravidel..... (**konkrétně uvedena jedna aukce**).
- **Popis pravidel aukcí naleznete na následující stránce tohoto dokumentu.** Z uvedených tří aukcí si pečlivě prostudujete pouze tu, kterou budete používat.

Pravidla poptávkové aukce:

- **V této aukci činí kupující (poptávající) cenové a množstevní nabídky jednotlivým prodávajícím.**
- Aukce probíhá v oddělených kolech, v každém kole dávají všichni kupující současně své cenové a množstevní nabídky všem prodávajícím.

- Kupující napíší na připravené papírky své cenové a množstevní nabídky, které neukazují ostatním. Maximální možné množství uvedené v takové nabídce (na jednom papírku) jednomu prodávajícímu jsou 3 tankery, je také možné papírek pro konkrétního prodávajícího vůbec nevyplňovat, což znamená, že od tohoto prodávajícího nechci vůbec kupovat. Např. papírek vyplněný kupující č. 3 určený pro prodávajícího C může vypadat takto: „V prvním kole chce kupující 3 od prodávajícího C koupit 2 tankery při ceně jednoho tankeru 12.“ stačí ovšem napsat: „1. kolo, kupující č. 3, prodávající C: množství=2 cena za kus=12“ (papírek bude částečně předtištěn). Každý kupující tedy může vyplnit maximálně 5 papírků v jednom kole, protože prodávajících je právě 5. **Kupující musí dávat pozor**, aby součet všech učiněných nabídek nepřekročil množství, které mu zbývá koupit, protože neví, kolik jeho nabídek a v jaké výši bude akceptováno. Všichni prodávající si vezmou papírky od všech kupujících (každý prodávající má tedy maximálně 4 papírky) a poté si jednu z nabídek vyberou, ovšem můžou krátit množství (pokud už takové množství nemá k dispozici, tak pochopitelně krátit musí). Je možné také odmítnout všechny nabídky, tedy neprodat nic. Svoje rozhodnutí napíše každý prodávající do svého záznamového archu a papírek s přijatou (ev. krácenou) nabídkou vrátí příslušnému kupujícímu, který toto zapíše do svého záznamového archu.
- Na konci kola jsou tedy nerealizované cenové a množstevní nabídky (papírky) u prodávajících a realizované jsou zpět u kupujících. Po ukončení prvního kola následuje kolo druhé, atd.
- Prodávající, který prodal všechny své těžební kapacity, se dalších aukcí pochopitelně nezúčastní. Těž kupující, který již nakoupil množství, které nakoupit měl, se dalších aukcí nezúčastní.

- Platí, že experimentátor zahajuje kolo současně pro všech pět skupin. Skupiny, které již všechny tankery zobchodovaly tedy „čekají“, až obchodování dokončí zbylé skupiny.

Pravidla nabídkové aukce:

- **V této aukci činí prodávající (nabízející) cenové a množstevní nabídky jednotlivým kupujícím.**
- Aukce probíhá v oddělených kolech, v každém kole dávají všichni prodávající své cenové a množstevní nabídky všem kupujícím.
- Proávající napíše na připravené papírky své cenové a množstevní nabídky, které neukazují ostatním. Maximální možné množství uvedené v takové nabídce (na jednom papírku) jsou 3 tankery, je také možné papírek pro konkrétního kupujícího vůbec nevyplňovat, což znamená, že tomuto kupujícímu nechci nic prodávat. Např. papírek vyplněný prodávajícím D pro kupujícího č. 3 může vypadat takto: „V prvním kole chce prodávající D kupujícímu č. 3 prodat 2 tankery při ceně jednoho tankeru 12.“ stačí ovšem napsat: „1. kolo, prodávaj D, kupující č. 3: množství=2 cena za kus=12“ (papírek bude částečně předtištěn). Každý prodávající tedy může vyplnit maximálně 4 papírky v jednom kole, protože počet kupujících jsou právě 4. **Prodávající musí dávat pozor**, aby součet všech učiněných nabídek nepřekročil množství, které mu zbývá prodat, protože neví, kolik jeho nabídek a v jaké výši bude akceptováno. Všichni kupující si vezmou papírky od všech prodávajících (každý kupující má tedy maximálně 5 papírků), a poté si jednu z nabídek vyberou, ovšem mohou krátiť množství (pokud už takové množství nemůže koupit, tak pochopitelně krátiť musí). Je možné také odmítnout všechny nabídky, tedy nekoupit nic. Svoje rozhodnutí napíše každý kupující do svého záznamového archu a papírek s přijatou (ev. krácenou) nabídkou vrátí příslušnému

prodávajícímu, který toto zapíše do svého záznamového archu.

- Na konci kola jsou tedy nerealizované cenové a množstevní nabídky (papírky) u kupujících a realizované jsou zpět u prodávajících. Po ukončení prvního kola následuje kolo druhé, atd.
- Proávající, který prodal všechny své těžební kapacity, se dalších aukcí pochopitelně nezúčastní. Těž kupující, který již nakoupil množství, které nakoupit měl, se dalších aukcí nezúčastní.
- Platí, že experimentátor zahajuje kolo současně pro všech pět skupin. Skupiny, které již všechny tankery zobchodovaly tedy „čekají“, až obchodování dokončí zbylé skupiny.

Pravidla dvojité aukce:

- **V této aukci činí prodávající a kupující mezi sebou cenové a množstevní nabídky současně.**
- Aukce neprobíhá v kolech, ale nepřetržitým vyjednáváním, které končí zobchodováním všech tankerů.
- Kupující zůstanou v lavicích sedět a prodávající k nim libovolně přistupují. Vzájemně se dohodnou na množství a ceně. Jediné omezení je, že v jednom obchodu mohou být zobchodovány nejvýše 3 tankery. Dohodnutý obchod oba zapíše do svého archu. Pokud se nedohodnou, odchází prodávající k jinému kupujícímu. S jedním kupujícím může současně vyjednávat více prodávajících.
- Proávající, který prodal všechny své těžební kapacity, se dalších vyjednávání pochopitelně nezúčastní. Těž kupující, který již nakoupil množství, které nakoupit měl, se dalších vyjednávání nezúčastní.

LITERATURA

Ballinger, T. P., Palumbo, M. G., Wilcox, N. T. (2003). Precautionary saving and social learning across generations: an experiment, *The Economic Journal*, 113(490), 920–947.

- Binmore, K., Klemperer, P., (2002). The biggest auction ever: the sale of the British 3G Telecom Licences, *Economic Journal*, 112 (March), C74-C96.
- Binswanger, H., (1981). Attitudes toward risk: theoretical implications of an experiment in rural India, *Economic Journal*, 91(December), 869-890.
- Carbone, E., Hey, J. D. (2004). The Effect of Unemployment on Consumption: An Experimental Analysis, *Economic Journal*, 114, 660-683.
- Cox, J.C., Oaxaca, R.L. (1991). *Tests for a reservation wage effect in Decision Making under Risk and Uncertainty: New Models and Empirical Findings*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Davis, D. D., Holt, C. A. (1993). *Experimental Economics*. Princeton. New York: Princeton University Press.
- Dechenaux, E., Mago, S. D., · Razzolini, L. (2013). Traffic congestion: an experimental study of the Downs-Thomson paradox. *Experimental Economics*. 17(3), 461-487.
- Denant-Boèmont, L., Hammiche, S. (2009). *Downs-Thomson paradox and public transit capacity: an experiment*, University of Rennes 1 and CREM-CNRS.
- Duffy, J. (2006). *Experimental Macroeconomics*, Draft for the New Palgrave Dictionary of Economics, 2nd Edition.
- Duffy, J. (2008). *Macroeconomics: A Survey of Laboratory Research*, Draft for the Handbook of Experimental Economics Vol. 2.
- Friedman, D., Cassar, A. (2005). *Economics Lab – An Intensive Course in Experimental Economics*. London: Taylor and Francis Group.
- Friedman, D., Ostroy, J. (1995). Competitiveness in auction markets: an experimental and theoretical investigation, *Economic Journal*, 105 (428), 22-53.
- Friedman, D., Rust, J., (1993). *The Double Auction Market*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Grossman, P.J., Komai, M. (2006). *Incentivizing Experiments: Monetary Rewards versus Extra Credits*. Economics Faculty Working Papers. St. Cloud State University, St. Cloud.
- Hey, J.D., Dardanoni, V. (1988). Optimal Consumption Under Uncertainty: An Experimental Investigation, *Economic Journal*, 98, 105-116.
- Holquin-Veras, J., Thorson, E. (2003). The role of experimental economics in freight transportation research: preliminary results of experimentation, 2003 *European Transport Conference*, Strasbourg.
- Holquin-Veras, J., E. Thorson, Ozbay, K. (2004). Preliminary results of experimental economics application to urban goods modelling research, *Transportation Research Record*, 1873, 9-16.
- Isaac, R. M., Walker, J. M., Williams, A. W. Experimental Economics Methods in the Large Undergraduate Classroom: Practical Consideration. *Research in Experimental Economics*, 8, 1-23.
- Isacsson, G., Nilsson, J. E. (2003). An experimental comparison of track allocation mechanisms in the railway industry. *Journal of Transport Economics and Policy*, 37(3), 357-382.
- Lei, V., Noussair, C. N. (2002). An Experimental Test of an Optimal Growth Model. *American Economic Review* 92, 549-70.
- Li, Y. (1991). *Tests for a Reward Medium Effect on Experimental Outcomes*. Discussion Paper 91-11. Department of Economics, University of Arizona, Tucson.
- Lunander, A., Nilsson, J. E. (2004). Taking the lab to the field: experimental tests of alternative mechanisms to procure multiple contracts. *Journal of Regulatory Economics*, 25(1), 39-58.
- Milgrom, P., (2000). Putting auction theory to work: the simultaneous ascending auctions. *Journal of Political Economy*, 108(2), 245-272.
- Noussair, C. N., Matheny, K. J. (2000). An Experimental Study of Decisions in Dynamic Optimization Problems, *Economic Theory* 15, p. 389-419.
- Noussair, Ch. N., Pfajfar, D., Zsiros, J. (2011). Frictions, persistence, and central bank policy in an experimental dynamic stochastic general equilibrium economy. *European Banking Center Discussion Paper* No. 2011-006.
- Plott, C. R., Sunder, S., (1982). Efficiency of experimental security markets with insider information: an application of rational-

expectations models, *Journal of Political Economy*, 90(4), 663-698.

Polívka, M. (2012). Potenciál využití experimentálních metod v marketingovém výzkumu. *Trendy v podnikání*, 2(3), 29-40.

Smith, V. (1976). Experimental Economics: Induced Value Theory. *American Economic Review*, 66(2), 274-279.

Smith, V. L., (1987). Experimental methods in Economics, in J.Eatwell, M.Milgate and

P.Newman, eds, *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, vol. 2, New York: Stockton Press.

Smith, Vernon L., Bibliographical (2002). In *The Official Web Site of the Nobel Prize* Retrieved October 10, 2014, from http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2002/smith-bio.html

Adresa autora (autorů):

JUDr. Ing. David Martinčík

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta ekonomická

Katedra ekonomie a kvantitativních metod

martinci@kem.zcu.cz

Olga Sojková

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta ekonomická

sojkova@students.zcu.cz

Radek Aleš

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta ekonomická

rejdis@students.zcu.cz

DECENTRALIZED SOLUTION OF TRANSPORTATION PROBLEM: EXPERIMENTAL APPROACH

David Martinčík, Olga Sojková, Radek Aleš

Abstract

Transportation costs minimization is one of the important questions in practice. The operations research developed a lot of analytical or heuristic methods of solution of costs minimization problems. On the other hand we can find in the literature only a small effort to apply the experimental economics approach for studying this problem. This article presents the design and results a laboratory experiment which deals with this issue. The methodology of experimental economics was applied to transportation economics rigorously. The simple transportation problem was designed as a game among carriers and consumers where each of them competes with all the others. The experiment was conducted with 324 undergraduate students divided in 36 experimental groups, in which they played either the role of carriers or the role of customers. The carriers knew the transportation cost for delivering one piece of good to each customer while the customers did not. The goal of the competitive carriers was maximizing their own profit, i.e. revenue minus transportation cost and they had to sell all initial endowment of the goods. The goal of customers was to buy specified quantity of goods and spent money as little as possible. Three different auctions were used: double, demand and supply. Double auction was continuous auction where the counterparts bargain face to face without any limitation. The demand auction was the sequence of rounds of posted offer auction where the consumers made the offer of how much and for what price they are willing to buy and the carriers decide to accept or refuse it. The supply auction was simple opposite. Our experiment results show that the competition and own profit intending are sufficient conditions for achieving very low total transportation cost near to the minimum. On the other hand the types of auctions do not affect the results. In general, the decentralised, i.e. market, solution could be very good and it may not be necessary at the top management level to centralise all the information, set-up and solve the model which increase additional costs. Especially in the situation of rapidly changing market situation can be profitable to save this additional cost and leave the firm's divisions to act autonomously.

Keywords: Management; transportation problem; experimental economics; linear programming; decentralized solution

JEL Classification: C91, R40