

Populačná dynamika komunikačných technológií¹

Vladimír BALÁŽ*

Population Dynamics Models of the Communication Technologies

Abstract

The paper applies concepts of population dynamics on evolution of communication technologies. The Lotka-Volterra equations are applied to examine dynamics of communication technologies in Slovakia and the Czech Republic in 1948 – 2006. Fixed lines and mobile phones are considered predatory technologies hunting for their 'prey' – voice service subscribers. Cohabitation of two technologies is modelled within framework of full competition. Each technology squeezes out carrying capacity of its competitor. The mobile phones, however, exert considerable larger impact on the number of fixed telephone lines than vice versa. The paper also considers some limitations of population dynamics approaches in economic modelling and discusses different growth strategies by particular types of technologies.

Keywords: *evolutionary economics, technology change, population dynamics, Lotka-Volterra models, communication technologies*

JEL Classification: B25, L86, O33

Úvod

Typickým problémom riešeným v klasickej ekonómii je vytváranie rovnováh. Vychádza sa z predpokladu, že pri vhodnej kvantifikácii vstupov, výstupov a obmedzujúcich podmienok je možné nájsť optimálne riešenie, zodpovedajúce rovnovážnemu stavu. V reálnom svete sa však omnoho častejšie stretávame s dynamickými procesmi, ktoré vedú k nerovnovážnym stavom. Vstupy a výstupy,

* Vladimír BALÁŽ, Prognostický ústav SAV, Šancová 56, 811 05 Bratislava 1; e-mail: vbalaz@yahoo.com

¹ Tento článok vznikol za podpory projektu 6. RP EÚ RUBICODE *Rationalising Biodiversity Conservation in Dynamic Ecosystems* č. 036890.

Autor ďakuje dvom recenzentom za cenné pripomienky, ktoré pomohli zlepšiť kvalitu článku.

ako aj obmedzujúce podmienky takýchto procesov sa okrem toho neustále menia. Hľadanie optimálnych rovnovážnych stavov je za takýchto podmienok problematické, vzhľadom na vysoký stupeň komplexnosti sociálno-ekonomických javov. Prekonať obmedzenia klasickej ekonómie sa snaží viacero nových prístupov v ekonomickej teórii, ako je napríklad teória hier, evolučná ekonómia alebo teória komplexných adaptívnych systémov.

Evolučné prístupy nepovažujú ekonomiku za rovnovážny systém, ale za analógiu „tropického pralesa“, ktorý je husto obývaný špecializovanými organizáciami, podnikmi a technológiami. Jednotlivé subjekty môžu zdieľať podobné trhové niky, pričom ich vzájomné vzťahy v komunite môžu viesť k rozličným typom koexistencie (spolupráca, súťaž, indiferencia...). Špecifickým smerom evolučnej ekonómie je *organizačná ekológia*. Táto disciplína sa zaoberá populácnou dynamikou formálnych inštitúcií – organizácií. Jej základným postulátom je, že tak ako v živej prírode, aj vo svete organizačných populácií sa uplatňujú mechanizmy vytvárania variet, ich následnej selekcie a adaptácie nových organizačných foriem na špecifickú trhovú niku [9].

Vznik aj zánik organizačných foriem sa deje na základe interakcie dvoch síl. Jednou sú vplyvy z vonkajšieho okolia organizácie (najmä trhové sily), druhou zasa samotná vývinová dynamika skupín podobných organizácií – organizačných populácií. Dynamika každej organizačnej, ekonomickej alebo technologickej populácie je podmienená súčasným pôsobením dvoch síl. Prvou je legitimizácia, ktorá sa stotožňuje s potrebnosťou danej organizácie, tovaru, služby alebo technológie a oprávnenosťou jej existencie. Organizácie, tovary, služby a technológie vznikajú ako reakcia na potreby trhu a sú akceptované jeho aktérmi. Druhým procesom je kompetícia – vzájomná súťaž subjektov o obmedzené zdroje danej trhovej niky (kompetícia je o niečo širší pojem ako klasická konkurencia; zahŕňa rôzne formy súťaže – od využívania zdrojov až po priamu likvidáciu konkurenta). Legitimizácia a kompetícia majú rozdielny vplyv na vývoj počtu subjektov v jednotlivých fázach rozvoja určitej trhovej niky. V čase vytvorenia niky prevažujú sily legitimizácie a počet subjektov prudko rastie. Vzhľadom na obmedzený objem zdrojov v danej nike sa po určitom čase začne presadzovať vplyv kompetície. Kompetícia je motorom selekčného procesu. Po prekročení kapacity únosnosti danej niky dôjde v dôsledku silnej kompetície k výraznému poklesu počtu subjektov. Početné empirické štúdie v organizačnej ekológii skúmali veľmi rôznorodé typy podnikov a sociálnych a ekonomických aktivít, ako napríklad pivovary [3], výrobu automobilov [13; 5], zdravotnícke organizácie [22], detské jasle a škôlky [4], odborové organizácie [14], periodickú tlač [7], banky [17] atď. Ukázali, že vývoj počtov organizácií má nelineárny vplyv na miery ich vzniku a zániku.

Organizačná ekológia patrí k najviac prepracovaným častiam evolučnej ekológie. Omnoho menej pozornosti sa zatiaľ venovalo aplikovaniu postupov populačnej dynamiky na modelovanie rozličných technológií, resp. ekonomických javov, napriek tomu, že priekopnícke práce Nelsona a Wintera [18] boli venované práve modelovaniu technologických zmien. K nedávnym príkladom takýchto prác patria práce o vývoji železníc v Európe [1] alebo raste talianskych miest [6]. Prístupy prevzaté z populačnej dynamiky majú pre štúdium vývoja technológií veľký potenciál. Technológie prežívajú, rozkvitajú a zanikajú podobným spôsobom ako živočíšne druhy. Tento článok modeluje evolučnú dynamiku dvoch základných technológií hlasovej služby. Model je založený na dlhodobých časových radoch, ktoré nám v prípade pevných liniek umožnia sledovať vývoj tejto technológie v Českej republike a Slovenskej republike počas takmer šiestich desaťročí (1948 – 2006). Pevné linky i mobilné telefóny budeme v modeli považovať za triedy živých organizmov, konkrétne dva typy „dravcov“, ktoré sa uchádzajú o „korist“ v podobe zákazníkov.

1. Lotkove-Volterrove modely populačnej dynamiky

Častým prístupom v populačnej dynamike je využitie Lotkových-Volterrových modelov. Modely pôvodne nezávisle od seba navrhli americký matematik Alfred J. Lotka a taliansky matematik Vito Volterra [21] na štúdium vývoja populácií v živej prírode. Rovnice majú viacero variantov. Základný model rastu jednej populácie má tvar logistickej rastovej funkcie:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) \quad (1)$$

Vyjadruje skutočnosť, že rast počtov určitej populácie je daný nielen jej momentálnym početným stavom N a mierou prírastku r , ale aj hraničnou kapacitou K niky, ktorú táto populácia obýva. Čím viac sa počet N približuje hraničnej kapacite K , tým menej zdrojov má populácia k dispozícii, a tým je jej prírastok nižší.

V spoločenstve obyčajne koexistuje viacero populácií. Na vzájomnú súťaž (kompetíciu), resp. spolužitie rôznych živočíšnych druhov, sa používa sústava diferenciálnych rovníc. Ak napríklad uvažujeme o dvoch populáciách, model (1) je možné formulovať tak, aby vyjadroval aj ich vzájomné vzťahy:

$$\frac{dN_A}{dt} = r_A N_A \left[1 - \frac{(N_A + \alpha_{AB} N_B)}{K_A} \right] \quad (2a)$$

$$\frac{dN_A}{dt} = r_A N_A \left[1 - \frac{(N_A + \alpha_{AB} N_B)}{K_A} \right] - m_A N_A \quad (2b)$$

$$\frac{dN_B}{dt} = r_B N_B \left[1 - \frac{(N_B + \alpha_{BA} N_A)}{K_B} \right] \quad (3a)$$

$$\frac{dN_B}{dt} = r_B N_B \left[1 - \frac{(N_B + \alpha_{BA} N_A)}{K_B} \right] - m_B N_B \quad (3b)$$

kde

- $r_A; r_B$ – miery reprodukcie populácií A a B
- $N_A; N_B$ – počty populácií A a B
- $K_A; K_B$ – hraničná kapacita pre počty populácií A a B
- $m_A; m_B$ – miery úmrtnosti populácií A a B
- $\alpha_{AB}; \alpha_{BA}$ – koeficienty vzájomnej závislosti populácií A a B .

Rovnice (2a) a (3a) opisujú dynamiku komunity obývanej dvoma populáciami (A , B), ktoré sú vzájomne prepojené a každá z nich ovplyvňuje mieru rastu tej druhej. Prvá rovnica opisuje dynamiku populácie A (v závislosti od vývoja populácie B). Druhá je jej zrkadlovým obrazom a charakterizuje dynamiku populácie B (v závislosti od vývoja populácie A).

Parameter r definuje maximálnu mieru rastu a najpresnejšie sa dá vypočítať vtedy, keď hodnota N_i je veľmi malá v porovnaní s hraničnou kapacitou K . Možno ho prirovnať k miere reprodukcie živočíšneho druhu, ktorý sa náhle ocitol v úplne prázdnej nike. Ako sa N_i približuje K , hodnota r postupne klesá a pri $N_i = K$ je r rovné 0. Ak je $N_i > K$, dôjde k prekročeniu hraničnej kapacity, miera r je záporná a počet N_i klesá k hranici K . Parameter K sa dá definovať ako maximálna udržateľná kapacita určitej ekonomickej aktivity alebo technológie v danom prostredí. V dynamických systémoch, kam patria aj sociálne a ekonomické systémy, sa K spravidla mení v čase. Ako uvidíme neskôr, posúvanie kapacity K môže mať významné dôsledky aj pre parameter r a koeficienty $\alpha_{AB}; \alpha_{BA}$.

V biologických systémoch musíme uvažovať okrem miery reprodukcie aj s mierou úmrtnosti m . Pri modelovaní technológií a ekonomických systémov nemusí mať pojem úmrtnosť vždy zmysel. V prípade nášho modelu sú trhové niky každej triedy technológií definované počtom zákazníkov. Pretože prinajmenšom pri individuálnych (nefiremných) zákazníkoch ide o ľudské bytosti, pri modelovaní počtov pevných a mobilných telefónov je potrebné uvažovať s úmrtnosťou a rovnice (2a) a (3a) nahradiť rovnicami (2b) a (3b). Model takto spája hlavné procesy populačnej dynamiky (reprodukcii a úmrtnosť) do jednotného procesu populačného vývoja závislého od existujúcej hustoty populácie (*density-dependent growth*).

Smer a sila závislosti vývoja populácií A a B sú charakterizované koeficientmi α_{AB} a α_{BA} . Koeficienty vyjadrujú efekt, ktorý má každý člen prvej populácie na hraničnú kapacitu druhej. Napríklad čím je vyšší koeficient α_{AB} v porovnaní s koeficientom α_{BA} , tým rýchlejšie populácia B vytláča populáciu A z danej niky. Koeficienty α_{AB} a α_{BA} môžu nadobúdať rôzne hodnoty v závislosti od toho, či charakterizujú symbiotický alebo kompetitívny charakter spolužitia oboch populácií. V symbiotických spoločenstvách obývajú jednotlivé populácie odlišné niky, ale sú komplementárne a profitujú zo vzájomnej prítomnosti v spoločenstve [15]. Príkladom symbiotického spolužitia je koexistencia hardvérových a softvérových firiem a ich produktov. Rast počtu osobných počítačov je podmienený rastom počtu softvérov a naopak. V kompetitívnych spoločenstvách obývajú jednotlivé populácie tie isté niky a navzájom súťažia o obmedzené zdroje. Rozsah vzájomnej súťaže (kompetície) závisí jednak od stupňa prelínania ich ník, jednak od schopnosti efektívnosti a schopnosti prežiť. Aldrich [2] charakterizuje možné scenáre vzájomného spolužitia:

Úplná kompetícia ($\alpha_{AB} < 0$; $\alpha_{BA} < 0$). Niky oboch populácií sa prelínajú a rast jednej populácie vedie k poklesu počtov druhej populácie v dôsledku obmedzenia jej kapacity.

Čiastočná kompetícia ($\alpha_{AB} < 0$; $\alpha_{BA} = 0$). Vzájomný vzťah populácií je asymetrický, pretože len jedna populácia negatívne ovplyvňuje druhú, no nie naopak.

Predátorská kompetícia ($\alpha_{AB} < 0$; $\alpha_{BA} > 0$). Jedna populácia sa priamo rozširuje na úkor druhej.

Úplná symbióza ($\alpha_{AB} > 0$; $\alpha_{BA} > 0$). Populácie profitujú zo vzájomnej prítomnosti v spoločenstve.

Neutralita ($\alpha_{AB} = 0$; $\alpha_{BA} = 0$). Populácie koexistujú bez toho, aby sa navzájom ovplyvňovali, no môžu ovplyvňovať iné populácie v spoločenstve.

Sústava diferenciálnych rovníc (2b) a (3b) sa rieši Rungeho-Kutteho metódou druhého stupňa.

2. Odhad modelových parametrov

Zostrojenie realistického modelu populačnej dynamiky znamená nájsť vhodné koeficienty pre parametre r , m , K a α . Vzhľadom na odlišnú dynamiku rastu a difúzie pevných liniek a mobilných telefónov je potrebné modelovať vývoj týchto technológií osobitne.

2.1. Pevné linky

Graf 3 znázorňuje ročné miery prírastku počtov pevných telefónnych liniek v Českej republike a Slovenskej republike v rokoch 1948 – 2006 [11; 12; 20; 10]. Táto miera zaznamenala v priebehu šiestich desaťročí podstatné výkyvy, ktoré

je potrebné objasniť, ak chceme zostrojiť vierohodný model rastu tejto technológie. Predpokladá sa, že rast počtu pevných telefónnych liniek je ovplyvňovaný štyrmi základnými faktormi: (1) dynamikou ľudskej populácie v danej krajine; (2) bohatstvom krajiny (vyjadrenom napr. ako HDP na jedného obyvateľa); (3) sociálno-ekonomickými zmenami, ktoré zlepšujú podmienky na difúziu tejto technológie; (4) technologickými inováciami zlepšujúcimi dostupnosť telefónov pre obyvateľstvo a podniky. Všetky tieto parametre sa menia v čase a vytvárajú nerovnovážnu dynamiku systému.

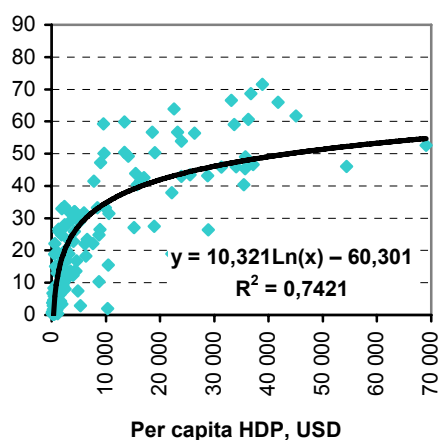
Východiskovým bodom na zostrojenie modelu je určenie povahy a veľkosti jeho hraničnej kapacity. Pevné linky i mobilné telefóny slúžia zákazníkom na uspokojovanie potrieb v oblasti hlasovej služby. Čím lepšie určitá technológia túto potrebu dokáže uspokojiť, tým vyššia je jej legitimitačná sila a tým lepšie sú jej šance uspieť v kompetícii s inými technológiami. Efektívnosť je možné merať rôznymi spôsobmi, napríklad počtom volaní na jeden telefónny prístroj, počtom pretelefonovaných minút, ale aj tržbami za hlasovú službu, pripadajúcimi na určitú technológiu, resp. nákladmi na jeden hovor, resp. minútu hovoru. Pravdepodobne najvhodnejším meradlom kapacity by boli celkové pretelefonované minúty. Bohužiaľ, údaje o pretelefonovaných minútach a počte volaní sú nedostupné za väčšinu sledovaného obdobia. Alternatívnym spôsobom merania kapacity a efektívnosti určitej technológie je jej schopnosť získavať si zákazníkov. Počty zákazníkov hlavných telefónnych liniek sú pre Slovensko i Českú republiku k dispozícii od roku 1948 a poskytujú dobrú údajovú základňu na modelovanie vývoja tejto technológie.

V ďalšom kroku je potrebné stanoviť výšku hraničnej kapacity a rozhodnúť sa, či sa táto výška stanoví staticky, alebo dynamicky. Teoreticky môže každý obyvateľ a/alebo podnik vlastniť neobmedzený počet pevných liniek (t. j. byť mnohonásobným zákazníkom). V praxi však takmer vo všetkých vyspelých krajinách sveta dochádza k stagnácii až poklesu hustoty pevných telefónnych liniek [16]. V najvyspelejších krajinách Európy sa táto hustota pohybuje v rozpätí 50 – 70 liniek na 100 obyvateľov (Nemecko, Francúzsko, Švajčiarsko, Dánsko, Švédsko, Veľká Británia). Podľa údajov Medzinárodnej telekomunikačnej únie (ITU) existuje výrazná závislosť medzi výškou HDP na obyvateľa a počtom telefónnych staníc. Táto závislosť sa dá najlepšie vyjadriť logaritmickou krivkou charakterizujúcou postupnú nasýtenosť trhu v závislosti od bohatstva krajiny a jej obyvateľov. V roku 2005 pre 191 členských štátov ITU bol korelačný koeficient lineárnej závislosti $R^2 = 0,74$ pre pevné telefónne linky a $R^2 = 0,81$ pre mobilné telefóny (grafy 1 a 2). Koeficient b_1 v regresnej rovnici je podstatne nižší pre pevné linky (10,32) ako pre mobilné telefóny (21,47). Tento rozdiel súvisí s faktom, že budovanie siete fixných liniek je investične náročnejšie ako budovanie

mobilnej siete a počet pevných liniek stúpa v závislosti od bohatstva krajiny relatívne pomalšie ako počet mobilných telefónov. V prípade mobilných telefónov je budovanie siete podstatne lacnejšie a už relatívne nízka kritická hranica HDP stačí na rýchly rozvoj mobilnej siete. V chudobnejších krajinách sveta sa preto počet mobilných telefónov zvyšuje rýchlejšie ako počet pevných liniek.

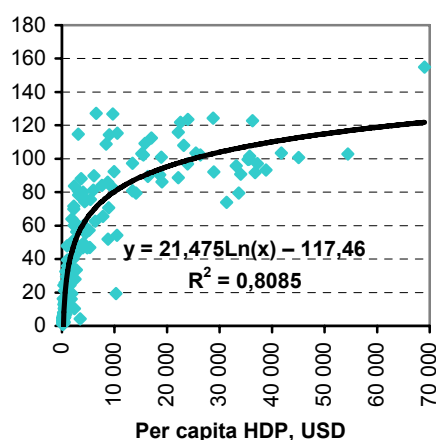
Graf 1

**Hustota pevných liniek
na 100 obyvateľov vo svete**



Graf 2

**Hustota mobilných telefónov
na 100 obyvateľov vo svete**



Závislosť medzi výškou príjmu a počtom telefónnych staníc je preukázaná aj pre Slovensko a Českú republiku v historickej perspektíve rokov 1948 – 2006 (grafy 5 a 6). Korelačný koeficient pre vzťah medzi výškou HDP na obyvateľa (resp. národného dôchodku na roky 1948 – 1989) bol $R^2 = 0,72$ pre Slovensko a $R^2 = 0,59$ pre Českú republiku. Rozdielny vplyv rastu príjmu a technologických inovácií je pochopiteľný. Slovenský HDP (resp. národný dôchodok v rokoch 1948 – 1989) na obyvateľa rástol z podstatne nižšieho základu ako český. V rokoch 1948 – 2006 narástol 10,23-krát, kým český 6,19-krát (v parite kúpnej sily bol však slovenský HDP v roku 2006 stále o štvrtinu nižší ako český). V tom istom čase stúpla hustota pevných telefónnych staníc na 100 obyvateľov z 0,75 na 21,9 v prípade Slovenska a z 2,19 na 31,43 v prípade Českej republiky (hustota liniek bola ešte vyššia pred nástupom mobilných telefónov). Dôležitým, aj keď o niečo menej významným faktorom, ovplyvňujúcim rast počtu pevných liniek, bol nárast počtu obyvateľov. Čím viac má krajina obyvateľov, tým vyššie požiadavky má na celkové počty telefónov, pri nezmenenej hustote telefónov v prepočte na 100 obyvateľov. Počet obyvateľov Slovenska vzrástol v rokoch 1948 – 2006 o 56,4 %, počet obyvateľov Českej republiky v rokoch 1948 – 2005 o 15,3 %.

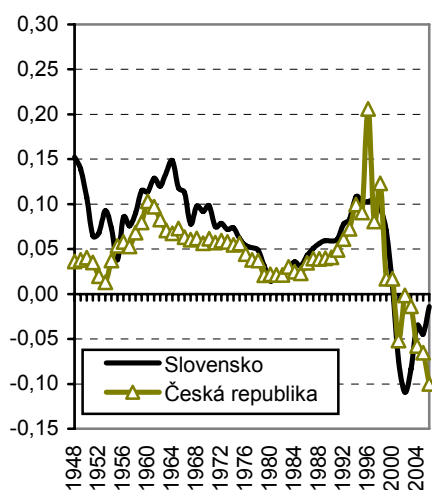
Vzhľadom na súvislosť výšky príjmu na obyvateľa, počty obyvateľstva a počty pevných liniek by nebolo správne stanoviť výšku hraničnej kapacity fixne. Česká republika a Slovenská republika sotva dokázali v roku 1948 generovať dopyt vo výške 50 – 70 pevných liniek na 100 obyvateľov. Predpokladáme, že rast hraničnej kapacity počtu telefónnych liniek je v rozhodujúcej miere podmienený rastom HDP (grafy 5 a 6) a rastom počtu obyvateľov. Hraničná kapacita by preto mala každý rok rásť podľa počtu obyvateľov a vývoja príjmov na jedného obyvateľa.

Tak ako môžeme kapacitu teoreticky stanoviť v neobmedzenej výške, takisto ju môžeme položiť rovnú aktuálnej hodnote stavu populácie. V praxi sa však takmer žiadna technológia nevyužíva na 100 % svojej kapacity. Kapacita nie je totožná s rovnovážnym stavom, ani s uspokojeným dopytom. Dopyt po pevných linkách bol najmä v období centrálného plánovania značne vyšší ako aktuálny počet liniek. Napríklad v roku 1989 bol v každej republike počet nevybavených žiadostí o zavedenie pevných liniek o 10 % vyšší ako aktuálny stav. Okrem toho môžeme predpokladať, že mnohí potenciálni záujemcovia o zavedenie telefónu o to vzhľadom na malé šance a dlhé čakacie lehoty ani nepožiadali. Ďalším faktorom, obmedzujúcim kapacitu počtu pevných liniek, bola povaha centrálne plánovanej ekonomiky, v ktorej dominovali veľké a stredné podniky. Trhové ekonomiky majú vyššie zastúpenie malých podnikov a živností, čo sa odráža aj vo vyššom dopyte po počte hlavných telefónnych staníc. Ekonomická transformácia vytvorila po roku 1989 v každej republike niekoľko stotisíc malých a stredných podnikov a spolu s tým rástli aj požiadavky na počet telefónnych staníc. Existujúce štatistiky, bohužiaľ, neposkytujú údaje o sektorovej štruktúre pevných liniek za najzaujímavejšie roky 1990 – 1995, keď pravdepodobne došlo k najvyššiemu prírastku pevných liniek v podnikateľskom sektore. Údaje za roky 1995 – 2000 však naznačujú, že počet telefónnych staníc v tomto sektore stúpol na Slovensku na dvojnásobok, kým počet bytových staníc sa zvýšil len o polovicu. Podobný proces prebehol aj v Českej republike. Efekt sociálno-ekonomickej zmeny je veľmi dobre viditeľný na grafe 3. Prírastok počtu telefónnych liniek sa začal významne zvyšovať v rokoch 1990 – 1993, a to napriek tomu, že v tomto období došlo k výraznému poklesu HDP a digitalizácia ústrední bola iba v začiatkoch. Nová sektorová štruktúra sa prejavila ako výrazná legitimizačná sila, podporujúca rast populácie pevných liniek. S rozumnou mierou pravdepodobnosti môžeme preto predpokladať, že skutočná hraničná kapacita pevných liniek bola v sledovanom období 1948 – 2006 cca o polovicu vyššia ako aktuálny počet liniek. Veľkosť hraničnej kapacity sa na základe tohto predpokladu stanoví ako súčin skutočnej hustoty telefónnych liniek v prepočte na 100 obyvateľov D_t v čase t (ktorá už odráža aj nárast HDP), počtu obyvateľov P_t a koeficientu rezervy kapacity 1,5; teda: $K_A, K_B = D_t * P_t * 1,5$ (riadky 9 a 10 tab. 1).

Môžeme sa domnievať, že sociálno-ekonomická zmena sa opačným spôsobom podpísala na značnom poklese tempa rastu pevných liniek v rokoch 1948 – 1957. Znárodnenie a likvidácia drobných podnikov pravdepodobne pribrzdili rozvoj komunikačnej siete. V tomto prípade sa však tento jav nedá oddeliť od poklesu HDP v tom istom období (grafy 5 a 6).

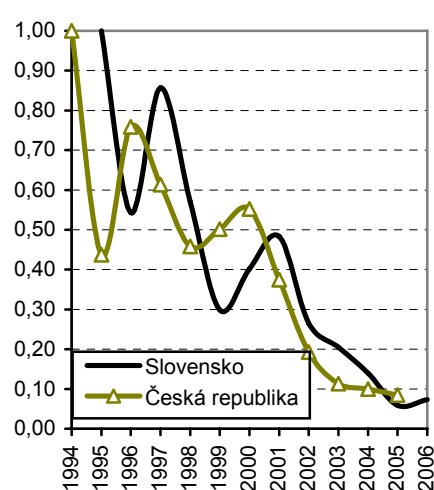
Graf 3

Ročná zmena počtu pevných liniek



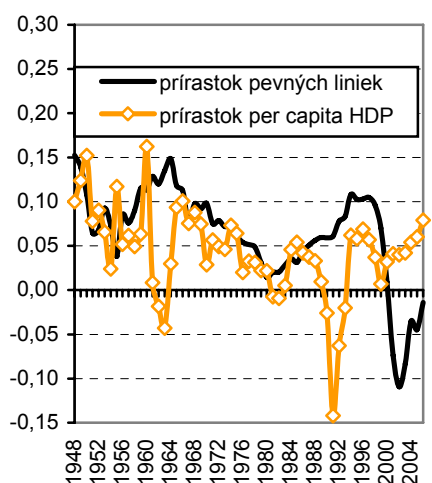
Graf 4

Ročná zmena počtu mobilných telefónov



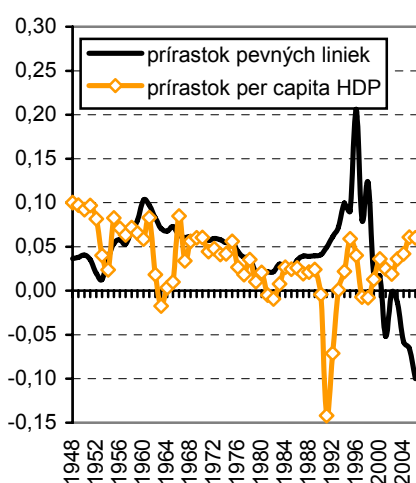
Graf 5

Ročná zmena počtu pevných liniek a HDP: SR



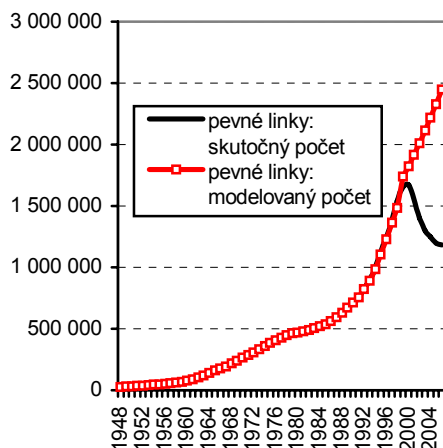
Graf 6

Ročná zmena počtu pevných liniek a HDP: ČR

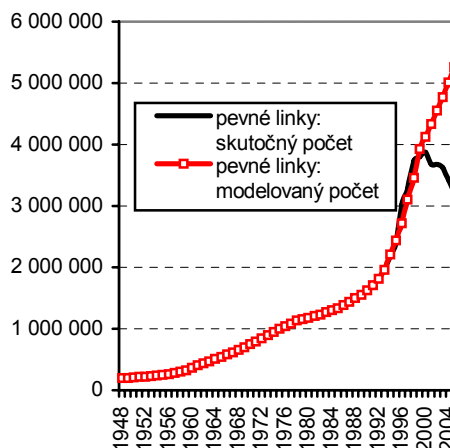


Osobitným problémom je stanovenie kapacity po roku 1994, keď sa začala rozširovať technológia mobilných telefónov. Napriek solídnemu rastu HDP a rýchlej digitalizácii ústrední došlo k viditeľnému poklesu počtu pevných telefónnych liniek v oboch republikách. V tomto prípade nemôžeme brať za základ výpočtu hraničnej kapacity skutočnú hustotu pevných liniek na 100 obyvateľov. Kapacitu pevných liniek treba modelovať bez prítomnosti kompetície zo strany mobilných telefónov (grafy 7 a 8). Modelovaná kapacita zachováva všetky pôvodné parametre modelu. O hustote sa predpokladá, že pokračovala v raste tempom 5 % ročne. Za neprítomnosti mobilných telefónov by hustota pevných liniek na 100 obyvateľov dosiahla úroveň 35 na Slovensku a 42 v Českej republike. Tieto modelované úrovne sú porovnateľné s existujúcimi hladinami v Portugalsku, resp. Španielsku.

Graf 7
Skutočné a modelované počty pevných liniek v SR



Graf 8
Skutočné a modelované počty pevných liniek v ČR



Prírastky populácie krajiny, rast HDP, ako aj sociálno-ekonomické inovácie zvyšujú mieru rastu počtu pevných telefónnych liniek nepriamo, prostredníctvom zvyšovania hraničnej kapacity. Nedokážu však vysvetliť všetky rozdiely vo vývoji počtu určitej technológie. Počet pevných liniek rástol na Slovensku a v Českej republike aj v obdobiach, keď HDP klesal (grafy 5 a 6). Tento jav je vysvetliteľný rýchlou difúziou technologických inovácií. Tie vplyvajú na mieru rastu počtu telefónnych staníc priamo. Rozširujú existujúce trhové niky, resp. vytvárajú úplne nové. Počas rokov 1948 – 2006 sa dajú vypozerovať dve výrazné vlny technologických inovácií. Prvá prebehla cca v rokoch 1958 – 1969 a bola spojená s nahradením manuálnych ústrední automatickými ústredňami na analógovom

princípe. Druhá vlna sa datuje cca do obdobia 1990 – 2000 a vzťahuje sa na zavádzanie digitálnych ústrední.

V Českej republike bola miera reprodukcie r pevných liniek v rokoch 1948 – 1990 podstatne nižšia ako na Slovensku (tab. 1). Bolo to dané jednak nižším prírastkom HDP a populácie, jednak relatívne nižším efektom zo zavádzania nových technológií (analogových automatických ústrední). Slovensko zažilo po roku 1948 veľmi rýchly rast počtu pevných liniek, pričom takmer všetky nové linky boli pripojené na automatické ústredne. V Českej republike prebehol proces automatizácie jednak o niečo skôr, jednak bol nárast absolútneho počtu pevných liniek nižší ako na Slovensku. Inak povedané, nika pre inovácie v podobe pevných liniek zapojených na automatické ústredne bola na Slovensku prázdnejšia ako v Českej republike. S vyrovnávaním rozdielov vo výške príjmu a používanej technológii sa zisky Slovenska zo zavádzania technologických inovácií postupom času znižovali. Po roku 1990 bol nástup digitálnych ústrední v Českej republike rýchlejší ako na Slovensku, čo sa prejavilo aj v mierne vyššej hodnote miery reprodukcie r .

2.2. Mobilné telefóny

Mobilné telefóny sú príkladom technológie s neobyčajne vysokou mierou expanzie. Hoci existuje korelácia medzi výškou príjmu a hustotou mobilov na 100 obyvateľov (graf 2), táto korelácia sa vzťahuje viac na absolútnu výšku hustoty než na mieru jej rastu. Ani rast HDP, ani rast počtu populácie nemôžu vysvetliť rýchle rozšírenie mobilov v oboch republikách v rokoch 1994 – 1995. Expanzia mobilnej komunikácie sa dá vysvetliť len existenciou veľkej prázdnej niky, ktorú táto technológia dokázala rýchlo zaplniť vďaka vysokej miere reprodukcie r . Ide o klasický príklad legitimizačnej sily.

Ak ponecháme bokom malé ostrovné štáty v Karibiku, Luxembursko a mestské štáty v Ázii, najvyššiu hustotu mobilov na 100 obyvateľov malo v roku 2005 Lotyšsko (127), Izrael (122), Česká republika (115), Estónsko a Portugalsko (109), Británia (102) a Nórsko (103). Na Slovensku dosiahla hustota mobilov 95 zákazníkov na 100 obyvateľov [16]. Zo sklonu krivky prírastku počtu mobilov môžeme odhadnúť kapacitu tejto technológie na Slovensku i v Českej republike na 130 zákazníkov na 100 obyvateľov. Od tejto hranice sa potom odvíjal výpočet hodnôt miery reprodukcie r . Priemerná miera r dosiahla v sledovanom období hodnotu 0,7258 na Slovensku a 0,8201 v Českej republike. Vyššia miera r v Českej republike veľmi pravdepodobne súvisí s existenciou troch mobilných operátorov. Ich vzájomná kompetícia pomáhala zvyšovať dostupnosť technológie pre širokú masu tak z technického, ako aj ekonomického hľadiska. Na Slovensku až do konca roka 2006 existoval duopol T-Mobilu a Orangu. Tieto spoločnosti si de facto rozdelili trh a nižšia miera kompetície generovala nižšiu mieru reprodukcie r .

Tak ako pri pevných linkách, tak aj v mobilnej komunikácii bol technologický pokrok nerovnomerný a prichádzal v nepravidelných vlnách. Miera r zaznamenávala v období 1994 – 2006 v oboch krajinách značné výkyvy, a napriek veľmi rýchlemu zaplňaniu svojej niky nemožno hovoriť o jej plynulom poklese. Existovali roky, keď táto miera v porovnaní s minulým obdobím značne vzrástla a s ňou aj počet nových zákazníkov mobilnej komunikácie (graf 4). Obdobia zvýšeného rastu sa prekrývajú tak s neustálym zavádzaním inovatívnych technológií, ako aj s príchodom ekonomických inovácií. K tým prvým patrili napríklad rozvoj sietí NMT-450 MHz, GSM-900/1800 MHz, UMTS, ako aj každoročné zlacňovanie a zdokonaľovanie samotných mobilov, k tým druhým napríklad zavedenie paušálnych programov za zvýhodnené ceny.

2.3. Koeficienty α_{AB} ; α_{BA}

V ekonomických a sociálnych systémoch parametre α_{AB} ; α_{BA} obyčajne nemôžeme stanoviť priamym pozorovaním alebo experimentom. Do istej miery nám môže pomôcť logická úvaha. Rast počtu mobilných telefónov bol neobyčajne rýchly. Naznačuje to, že počet pevných liniek mal na počet mobilných telefónov relatívne malý vplyv a hodnota parametra α_{BA} bude pravdepodobne nízka. Maximálna skutočná hustota pevných telefónnych liniek dosiahla hodnotu 36,34 na 100 obyvateľov v Českej republike a 28,55 na 100 obyvateľov na Slovensku. Maximálna hustota mobilných telefónov dosiahla 95 na Slovensku a 115 v Českej republike. Ak by sme predpokladali, že žiadny majiteľ pevnej linky si nekúpil mobilný telefón, koeficienty α_{BA} by mali maximálnu možnú hodnotu $-0,30$ a $-0,32$. Pevné linky by takto vytlačili asi tretinu z počtu mobilných telefónov. V skutočnosti si však väčšina majiteľov pevných liniek kúpila aj mobilný telefón a významná časť dokonca po kúpe mobilu odhlásila pevnú linku. Presný počet zákazníkov, ktorí sa rozhodli nekúpiť si mobil v dôsledku toho, že už vlastnili pevnú linku, by sa dala zistiť len reprezentatívnym prieskumom. Ten nemáme k dispozícii a musíme si pomôcť odhadom. Mobilné telefóny sú najmenej zastúpené v populácii nad 60 rokov, ktorá má nižšiu potrebu hlasovej služby dostupnej mimo domova a v niektorých prípadoch aj menšie technologické zručnosti. Podiel takejto populácie predstavuje v oboch republikách cca 20 %. Ak predpokladáme, že 20 % majiteľov pevných liniek sa rozhodlo nekúpiť si mobil, pevné linky takto vytlačili cca 5 % kapacity mobilných telefónov v každej republike.

Ak stanovíme koeficient α_{BA} na $-0,05$, koeficient α_{AB} bude mať hodnotu $-0,55$ pre Slovensko a $-0,42$ pre Českú republiku. Tieto hodnoty sú v dobrom súlade so skutočným vývojom oboch technológií. Napríklad na Slovensku už klesol počet pevných liniek v roku 2006 na 40 % zo stavov projektovaných na tento rok (mobilné telefóny teda vytlačili 50 % potenciálneho počtu pevných liniek). Miera

poklesu sa však v rokoch 2004 – 2005 spomalila a je možné predpokladať stagnáciu stavu pevných liniek. V Českej republike poklesol počet pevných liniek na 60 % projektovaného stavu v roku 2005, čo znamená, že mobily vytlačili cca 40 % z počtu pevných liniek projektovaných na tento rok. Modely opierajúce sa o hodnotu koeficientu $\alpha_{BA} = -0,03$, resp. $-0,10$, priniesli veľmi podobné výsledky. Pri hodnote koeficientu $\alpha_{BA} = 0,03$ dosiahol koeficient α_{AB} hodnoty $-0,56$ a $-0,43$; pri hodnote koeficientu $\alpha_{BA} = -0,1$ dosiahol koeficient α_{AB} hodnoty $-0,53$ a $-0,40$. Model s koeficientom $\alpha_{BA} = -0,05$ dosiahol najnižšiu mieru odchýlky od skutočného stavu v oboch republikách.

Nízke hodnoty parametrov α_{BA} a vysoké hodnoty parametrov α_{AB} implikujú asymetrické prekrývanie ník pevných liniek a mobilných telefónov. Hoci obe technológie poskytujú tú istú službu hlasovej komunikácie, robia to odlišným spôsobom. Mobilné telefóny umožňujú túto službu poskytovať kdekoľvek a kedykoľvek. Za túto výhodu sú zákazníci ochotní platiť vyššie ceny za minútu hovorov.

Vyššia miera vytlačenia kapacity pevných liniek na Slovensku ako v Českej republike vyplýva z nižšej úrovne príjmu na obyvateľa. Vo všeobecnosti sú hlasové služby mobilnej komunikácie drahšie ako pri pevných linkách. Hlasová služba pevných liniek sa však predáva prostredníctvom paušálov, kým pri mobilnej komunikácii je možné vykonať ju aj pomocou predplatených kariet. Pre niektoré vrstvy obyvateľstva s nízkym počtom odchádzajúcich hovorov sú mobily lacnejšou alternatívou k pevným linkám. V bohatších spoločnostiach sú obe technológie viac komplementárne, pretože ich trhové niky sa prekrývajú menej. Pevné linky sa používajú najmä pre dlhšie, no relatívne lacnejšie hovory, kým mobily pre finančne náročnejšiu, no okamžite dostupnú komunikáciu. Je zaujímavé, že v bohatých európskych krajinách klesol počet pevných liniek v období 2000 – 2005 len málo (Británia, Nórsko, Belgicko), resp. dokonca stúpili (Nemecko, Francúzsko). Nástup mobilných telefónov mal v týchto krajinách menší efekt na vytlačenie pevných liniek ako v Českej republike a Slovenskej republike.

Na testovanie relevantnosti modelu sme použili priemer absolútnych odchýlok modelovaných hodnôt (N'_t) od skutočných počtov (N_t) podľa rovnice (4).

$$d = \sum \left(\frac{|N_t - N'_t|}{N_t} \right) \quad (4)$$

Veľkosť štatistického koeficientu d je uvedená v tabuľke 1. Indikuje dobrú zhodu modelu s realitou (model je významný na hladine 0,01). Porovnanie skutočného a modelovaného počtu zákazníkov pevných liniek a mobilných telefónov na Slovensku a v Českej republike podávajú grafy 9 a 10. Krivky skutočného a modelovaného počtu sú prakticky identické.

Tabuľka 1

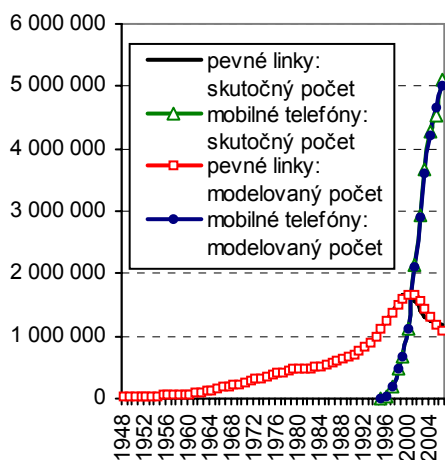
Parametre modelu

	Slovensko		Česká republika	
	Pevné linky	Mobilné telefóny	Pevné linky	Mobilné telefóny
r_A, r_B	0.3208	0.7258 ¹	0.2543	0.8201 ²
1948 – 1957	0.3280	x	0.1680	x
1958 – 1969	0.4483	x	0.2858	x
1970 – 1990	0.2005	x	0.1673	x
1991 – 2006	0.3765	x	0.4007	x
K_A, K_B ³				
1948 – 1994	$D_t * P_t * 1.5$	x	$D_t * P_t * 1.5$	x
1995 – 2006	$K_{t+1} = K_t * 1.05^1$	130 na 100 obyv.	$K_{t+1} = K_t * 1.05^2$	130 na 100 obyv.
M^4	0.95	0.95	1.14	1.14
α_{AB}, α_{BA}	$\alpha_{AB} = -0.55$	$\alpha_{BA} = -0.05$	$\alpha_{AB} = -0.42$	$\alpha_{BA} = -0.05$
d	0.010	0.001	0.009	0.001

Poznámky: ¹ Priemer za obdobie 1995 – 2006; ² Priemer za obdobie 1994 – 2005; ³ hraničná kapacita je vypočítavaná ako súčin hustoty telefónov na 100 obyvateľov v čase t (D_t), počtu obyvateľov (P_t) a koeficientu nevyužitej kapacity 1,5; ⁴ v modeli sú použité skutočné miery špecifické pre každý rok podľa tabuliek úmrtnosti v rokoch 1948 – 2006;

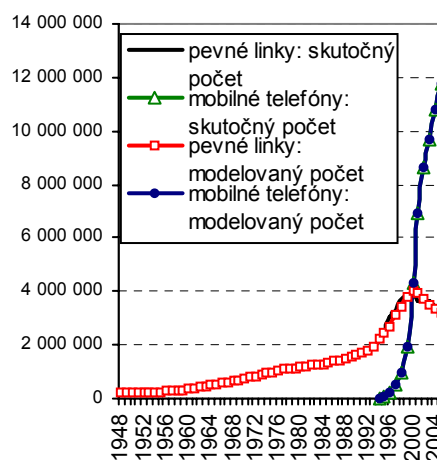
Graf 9

Počty pevných liniek a mobilných telefónov v SR



Graf 10

Počty pevných liniek a mobilných telefónov v ČR9



3. Diskusia a závery

Lotkove-Volterrove rovnice poskytujú dobrý interpretačný rámec na modelovanie koevolúcie dvoch a viac technológií, kde sa uplatňuje silná spätná väzba. Model charakterizuje vzájomnú interakciu dvoch technológií, ktoré do určitej miery zdieľajú tú istú trhovú niku, zameranú na poskytovanie hlasovej služby.

Spolužitie populácií v kompetitívnych spoločenstvách môže prebiehať podľa viacerých scenárov. V prípade modelu vývoja technológií pevných telefónnych liniek a mobilných telefónov v Českej republike a Slovenskej republike sa uplatnila úplná kompetícia a koeficienty modelu α_{AB} , α_{BA} boli záporné. Niky oboch populácií sa prelínali a rast jednej populácie viedol k poklesu počtu druhej populácie v dôsledku obmedzenia jej hraničnej kapacity. Prelínanie ník však bolo značne asymetrické, pretože mobilné telefóny obmedzovali hraničnú kapacitu pevných liniek omnoho viac ako pevné linky limitovali rast mobilných telefónov. Vzhľadom na koeficienty α_{BA} blízke nule bolo spoločenstvo technológií hlasovej služby niekde na prechode od úplnej do čiastočnej kompetície.

Napriek atraktívnemu matematickému aparátu má modelovanie evolúcie a dynamiky technológií pomocou Lotkových-Volterrových modelov aj určité obmedzenia. Sociálno-ekonomické systémy sú veľmi komplexné, a nie vždy je možné aplikovať na ne v plnej miere postupy používané pri modelovaní biologických systémov. V biologických systémoch sú parametre r , m a K odpozorované priamo z prírody, resp. stanovené v laboratóriu na základe experimentu. Veľkou výhodou pri modelovaní populačnej dynamiky v biologických systémoch je, že pri nezmenených podmienkach sa parametre r , m a K menia len v určitom obmedzenom intervale, pokiaľ nedôjde k významnej zmene okolitého prostredia. Priemerné hodnoty r , m , K a α môžeme vypočítavať aj na základe opakovaných pozorovaní. V sociálnych systémoch je stanovovanie spomenutých parametrov podstatne zložitejšie. Nájdenie a /alebo vytvorenie dvoch a viac porovnateľných systémov, resp. opakovanie pokusov a pozorovaní, je prakticky vylúčené. Parametre systému môžeme odhadovať len spätne a snažiť sa ich vysvetliť na základe logických vzťahov v samotnom systéme. Porovnanie modelovaných a skutočných populácií potom rozhodne o reálnosti modelu. Tieto obmedzenia sa prejavili aj pri konštrukcii modelu spolužitia rozdielnych technológií hlasovej služby, najmä pri stanovovaní hraničnej kapacity a koeficientov α_{AB} a α_{BA} . Odhad nevyužitej kapacity na 1,5-násobok skutočného rozšírenia pevných liniek napríklad vychádzal z údajov o neuspokojenom dopyte po tejto technológii a sektorovej štruktúre ekonomiky na konci 80. rokov. Tento koeficient mohol mať v predošlých desaťročiach odlišné (pravdepodobne vyššie) hodnoty. Ďalším predpokladom na stanovenie hraničnej kapacity bol vzťah príjmu a hustoty pevných liniek v prepočte na 100 obyvateľov, ktorý je znázornený na grafoch 1, 5 a 6. Za obdobie 1948 – 1989 bol príjem aproximovaný národným dôchodkom na jedného obyvateľa. Napriek tomu, že výška národného dôchodku je tesne korelovaná s výškou HDP (ktorý je štandardným meradlom príjmu), nesmieme zabúdať, že ide o kategórie, ktoré sú definované pre odlišné spoločenské systémy, a nie sú identické. Podobným metodologickým problémom sa však nevyhne žiadna štúdia, analyzujúca vývoj určitého javu počas veľmi dlhého časového obdobia.

Veľmi zaujímavé sú výsledky modelu, týkajúce sa miery reprodukcie technológií hlasových služieb v rozličných obdobiach. Poukazujú na to, že ich nemožno pokladať za jednoliate technológie s konštantnými mierami rastu, ale skôr za súbor väčšieho množstva subtechnológií, z ktorých každá má vlastnú rastovú dynamiku. Evolúcia živých organizmov je pomalý proces a obyčajne trvá stáročia a tisícročia, kým sa na organizmoch prejavia badateľné zmeny. Pri modelovaní interakcie živočíšnych druhov v biologických systémoch sa vo väčšine prípadov pohybujeme v časovom rámci rokov až desaťročí a nie je potrebné brať do úvahy evolúciu samotných organizmov. Nemusíme napríklad uvažovať s možnosťou, že miera reprodukcie r sa bude nejakom organizme počas pozorovaného obdobia výrazne meniť. Vývoj technológií je omnoho rýchlejší, ráta sa na roky a v niektorých prípadoch na mesiace, ako napríklad pri informačných a komunikačných technológiách. Ak modelujeme koevolúciu dvoch tried technológií, treba brať do úvahy možnú evolučnú zmenu vyplývajúcu z inovačných vln. Každá z nich mala vlastnú mieru reprodukcie r . Difúzia určitej technológie sa obyčajne aproximuje krivkou v tvare S . Bližší pohľad na vývoj počtu pevných telefónnych liniek odhalí, že v rámci krivky S môžeme nájsť menšie krivky toho istého tvaru. Tie reprezentujú obdobia difúzie inovácií v rámci tej istej technológie. V prípade hlasovej telefonickej služby pomocou pevných liniek môžeme hovoriť o obdobiach typických zavádzaním výrazných inovácií (analogové ústredne, digitálne ústredne), ako aj o obdobiach s relatívne nižšou mierou technologických inovácií. Miera reprodukcie r bola v každom z týchto období výrazne odlišná. Pri podrobnejšom skúmaní by sme zaiste našli obdobie typické väčšou či menšou mierou difúzie inovácie aj v rámci každej subtechnológie.

Vzťah miery reprodukcie, hraničnej kapacity, technologických inovácií a kompetície v hlasových službách je ilustráciou Schumpeterovej myšlienky o úlohe inovácií v ekonomike: „*Žiadne odvetvie sa nemôže rozširovať mierou typickou pre jeho inovačné štádium. Každé sa postupne dostane do štádia dospelosti v tom zmysle, že si nájde svoje miesto v ekonomickom organizme a takú mieru produkcie, ktorú nemôže prekročiť bez toho, aby sa nedostalo do straty. Táto miera sa však dá prekročiť nejakou ďalšou inováciou v tomto alebo v komplementárnom odvetví, resp. ak sa zvýši všeobecná miera ekonomického rastu.*“ [19, s. 497] Miera reprodukcie r je vysoká najmä vtedy, keď živočíšny druh alebo technológia vstupujú do prázdnej niky. V našom modeli tejto fáze zodpovedalo zavedenie automatických ústrední či vstup mobilnej technológie na trh. Technologický systém a s ním súvisiace ekonomické okolie sú v tom prípade v ranom štádiu svojej transformácie a sila legitimizácie je vysoká. So zaplňaním niky klesá aj miera reprodukcie a systém sa dostáva do stavu dočasnej rovnováhy. Inovácie de facto otvárajú organizmom a technológiám nové niky, čím sa

opäť zvyšuje miera ich reprodukcie. Pokiaľ dve rozdielne technológie zdieľajú tú istú trhovú niku (buď úplne, alebo čiastočne), technológia s vyššou mierou reprodukcie začne vytláčať technológiu s nižšou mierou r . Kompetícia však nemusí nevyhnutne viesť k vyhynutiu populácie s nižšou mierou reprodukcie. Vytláčaná populácia si môže vytvoriť novú niku, ktorú nebude zdieľať s iným konkurentom. Spoločnosti prevádzkujúce pevné linky sa napríklad snažia zvýšiť ich konkurenčnú schopnosť v špecifických segmentoch trhu, ako sú medzinárodné hovory za výhodnú cenu, spájanie hlasových služieb s internetom a káblovou televíziou a pod.

Úspech či neúspech určitej technológie nie je daný len mierou jej reprodukcie, ale aj jej okolím, ktoré definuje hraničnú kapacitu K . Organizmy či technológie s vysokou mierou r sú veľmi úspešné v prostredí s vysokou a nenaplnenou mierou hraničnej kapacity. V takomto prostredí sú úspešnejšie tie technológie, ktoré majú vyššiu mieru r ako ostatné. Môžeme ich nazvať r -stratégovia. R -stratégovia sa zameriavajú na náročné veľkoplošné projekty s veľkou legitimitačnou silou, ktoré sľubujú vysoké zisky, no sú aj veľmi rizikové. Ako sa však populácia danej niky približuje svojej hraničnej kapacite K , úspešnejšie začínajú byť technológie s relatívne nižšími mierami inovácie, ktoré však dokážu lepšie využiť zostávajúcu rezervu kapacity. Tieto technológie sú obdobou tzv. K -stratégov zo živej prírody. K -stratégovia preferujú menšie projekty s nižším stupňom inovácií, no aj s nižším stupňom rizika, ktoré nájdu vyššiu podporu medzi investormi. Relatívne malý pokles počtu pevných liniek, resp. dokonca ich mierny rast v niektorých európskych štátoch, nasvedčuje, že táto technológia nemusí vyhynúť v dôsledku kompetície zo strany mobilných telefónov. Okrem spomenutých organizačných a ekonomických inovácií (inovované balíčky služieb, cenová konkurencia) sa pri pevných linkách uplatňujú aj niektoré technologické inovácie prevzaté z mobilnej komunikácie, napríklad používanie farebných displejov, bezšnúrových telefónov, možnosť prijímať SMS správy a pod.

Literatúra

- [1] ANDERSEN, E. S.: Railroadization as Schumpeter's Standard Example of Capitalist Evolution: An Evolutionary-ecological Interpretation. [Paper presented at the workshop on the History of Evolutionary Thought in Economics.] Jena: Max Planck Institute for Economic Research, Evolutionary Economics Unit, 26. – 28. augusta 1999.
- [2] ALDRICH, H. E.: Organisations Evolving. London: Sage 1999.
- [3] BARNETT, W. P.: The Dynamics of Competitive Industry. Administrative Science Quarterly, 42, 1997, č. 1, s. 128 – 160.
- [4] BAUM, J. A. C. – SINGH, J. V.: Organizational Niches and the Dynamics of Organizational Mortality. American Journal of Sociology, 100, 1994, č. 2, s. 346 – 380.

- [5] BIGELOW, L. – CARROLL, G. R. – SEIDL, M. D. L. – TSAI, L.: Legitimation, Geographical Scale, and Organizational Density: Regional Patterns of Foundings of American Automobile Producers, 1885–1981. *Social Science Research*, 26, 1997, č. 4, s. 377 – 398.
- [6] CAPELLO, R. – FAGGIAN, A.: An Economic-ecological Model of Urban Growth and Urban Externalities: Empirical Evidence from Italy. *Ecological Economics*, 40, 2002, č. 2, s. 181 – 198.
- [7] CARROL, G. R. – HANNAN, M. T.: Density Delay in the Evolution of Organisational Populations: A Model and Five Empirical Tests. *Administrative Science Quarterly*, 34, 1989, č. 3, s. 411 – 430.
- [8] CARROL, G. R. – HARRISON, J. R.: On the Historical Efficiency of Competition between Organisational Populations. *The American Journal of Sociology*, 100, 1994, č. 3, s. 720 – 749.
- [9] CARROLL, G. – HANNAN, M. T.: *The Demography of Corporations and Industries*. Princeton, NJ: Princeton University Press 2000.
- [10] ČSÚ: *Statistické ročenky České republiky 2001 – 2005*. Praha: Scientia 2001 – 2006.
- [11] FSÚ: *Historická statistická ročenka ČSSR*. Praha: SNTL 1985.
- [12] FSÚ: *Statistická ročenka ČSSR za roky 1985 – 1992*. Praha: SNTL 1986 – 1993.
- [13] HANNAN, M. T. – CARROLL, G. R. – DOBREV, S. D. – HAN, J. – TORRES, J. C.: Organisational Mortality in European and American Automobile Industries. Part II: *Coupled Clocks*. *European Sociological Review*, 14, 1998, č. 3, s. 303 – 313.
- [14] HANNAN, M. T. – FREEMAN, J.: The Ecology of Organisational Mortality. *The American Journal of Sociology*, 94, 1988, č. 1, s. 25 – 52.
- [15] HAYAGREEVA, R.: Interorganisational Ecology. In: BAUM, J. A. C (ed): *Companion to Organisations*. Oxford: Blackwell 2002, kap. 23, s. 541 – 556.
- [16] ITU: *World Telecommunication Indicators Database*. 10th Edition. Geneva: ITU 2007. Available at: <<http://www.itu.int/ITU-D/icteye/Indicators/Indicators.aspx>>.
- [17] LOMI, A.: The Population Ecology of Organisational Founding: Location Dependence and Unobserved Heterogeneity. *Administrative Science Quarterly*, 40, 1995, č. 1, s. 111 – 144.
- [18] NELSON, R. R. – WINTER, S. G.: *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Massachusetts and London: Belknap Press 1982.
- [19] SCHUMPETER, J. A.: *Business Cycles: A Theoretical Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process* [Philadelphia: Porcupine Press 1989, reprint of the 1939 edition by the McGraw-Hill publishers, New York and London].
- [20] ŠÚ SR: *Štatistická ročenka Slovenskej republiky za roky 1993 – 2005*. Bratislava: Štatistický úrad SR 1992 – 2006.
- [21] VOLTERRA, V.: Fluctuations in the Abundance of a Species Considered Mathematically. *Nature*, 118, 1926, s. 558 – 560.
- [22] WHOLEY, D. R. – CHRISTIANSON, J. B. – SANCHEZ, S.: Organizational Size and Failure Among Health Maintenance Organizations. *American Sociological Review*, 57, 1992, č. 6, s. 829 – 842.