

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Provozně ekonomická
fakulta**

DYNAMIKA FIXNÍHO KAPITÁLU

Disertační práce

Studijní obor: Systémové inženýrství

Školitel: Doc. Ing. Jaroslav Švasta, CSc.

Doktorand: Ing. Igor Krejčí

© Igor Krejčí

Praha, 2013

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Jaroslavu Švastovi, CSc. za podnětné vedení při vypracování této práce, Dr. Odě Schmalwasser, Ing. Vítězslavu Ondrušovi, CSc. a Ing. Jaroslavu Sixtovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné připomínky z oblasti národních účtů a fixního kapitálu a Ing. Tomáši Medonosovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné připomínky při vymezení chování v odvětví zemědělství.

ABSTRAKT

Cílem předložené disertační práce je rozšíření poznatků o vývoji fixního kapitálu v národním hospodářství České republiky. Tento cíl je rozdělen do tří specifických cílů. Prvním z nich je sestavení alternativních bilancí fixního kapitálu a srovnání dopadů využití alternativních způsobů propočtu spotřeby fixního kapitálu. Druhým cílem je sestavení modelu pro propočet stavů a spotřeby fixního kapitálu tak, aby umožňoval větší flexibilitu při zachycení toků použitých aktiv. Tento model navíc umožňuje odhad věkové struktury fixních aktiv. Třetím specifickým cílem je odvození modelu dynamické investiční funkce v odvětví zemědělství, lesnictví a rybnářství, tak aby byly vysvětleny základní vztahy sloužící jako determinanty investičního chování v tomto specifickém odvětví.

První část práce obsahuje nezbytné teoretické základy z oblasti systémové dynamiky, která je využita pro naplnění třetího cíle, a teorie fixního kapitálu od jeho definice, přes měření jeho hodnoty až po zásadní práce z oblasti investičního chování. V následující části je nejdříve sestaven alternativní model využívající Markovské řetězce. Prostřednictvím tohoto modelu jsou naplněny první dva cíle práce. Ve třetí části je popsán simulační model dynamické investiční funkce kombinující poznatky národního účetnictví, teorie investičního chování a systémové dynamiky.

KLÍČOVÁ SLOVA: Fixní kapitál, stav fixního kapitálu, spotřeba fixního kapitálu, metoda nepřetržité inventarizace, Markovský řetězec, dynamická investiční funkce, systémová dynamika, simulace.

ABSTRACT

The aim of this dissertation thesis is to broaden the knowledge of fixed capital and its development in Czech national economy. This aim can be divided into three specific goals. The first is compilation of alternative balances of fixed assets. The second one is an implementation of a model that allows better estimates of the flows of used assets. Moreover, this model provides estimation of age structure of fixed assets. The third specific goal is to design a model of dynamic investment function in the industry of agriculture, forestry and fishery. This model explains basic relations that determine the investment behaviour in such specific industry.

The first part of the thesis includes necessary framework and background from the theory of system dynamics, which is used to achieve the third specific goal. Theory of fixed capital follows. This part also deals with a definition of fixed capital, its measurement and general theory of investment behaviour. In the second part of the thesis, an alternative model based on Markov chains is created and introduced. The first two goals of the thesis are achieved through this model. The third part of the thesis describes a simulation model of dynamic investment function. This model combines the knowledge of national accounts, the theory of investment behaviour and system dynamics.

KEY WORDS: Fixed capital, fixed capital stock, consumption of fixed capital, perpetual inventory method, Markov chain, dynamic investment fiction, system dynamics, simulation

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍL A METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE	10
2.1	Cíl	10
2.2	METODIKA	11
3	SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA	13
3.1	VYMEZENÍ POJMU	13
3.2	SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA A SYSTÉMOVÉ MYŠLENÍ	16
3.3	PROCES A ÚČEL SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY	19
3.4	MENTÁLNÍ MODELY A OMEZENÁ RACIONALITA	20
3.5	CHARAKTERISTIKY MODELŮ SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY	23
3.6	ZÁKLADNÍ NÁSTROJE PRO POPIS SYSTÉMU	26
3.7	STAVOVÉ PROMĚNNÉ – KLASIFIKACE SYSTÉMŮ A VLIV NA JEJICH CHOVÁNÍ	29
3.8	VÝPOČTY V RÁMCI POČÍTAČOVÉ SIMULACE DYNAMICKÝCH MODELŮ	30
3.9	EXPONENCIÁLNÍ RŮST A ZPOŽDĚNÍ	33
3.10	OPTIMALIZACE V MODELECH SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY	38
3.11	SYSTÉMOVÉ ARCHETYPY, ZOO A MOLEKULY	39
3.12	PRAXE SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY	41
4	FIXNÍ KAPITÁL	48
4.1	PROBLÉMY MĚŘENÍ KAPITÁLU	48
4.2	FIXNÍ KAPITÁL Z POHLEDU NÁRODNÍCH ÚČTŮ, VYMEZENÍ A MĚŘENÍ FIXNÍHO KAPITÁLU	49
4.3	INVESTIČNÍ FUNKCE	56
4.4	FIXNÍ KAPITÁL A SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA	59
5	ALTERNATIVNÍ PIM	62
5.1	FIXNÍ KAPITÁL JAKO MARKOVSKÝ ŘETĚZEC	62
5.2	POŽADAVKY NA ALTERNATIVNÍ MODEL	66
5.3	FUNKCE A VLASTNOSTI ALTERNATIVNÍHO MODELU PIM	67
5.4	ALTERNATIVNÍ BILANCE FIXNÍCH AKTIV	70
5.5	SEKTOR NETRŽNÍCH VÝROBCŮ	74
5.6	ODHAD VĚKOVÉ STRUKTURY	76
6	DYNAMICKÁ INVESTIČNÍ FUNKCE V ODVĚTVÍ ZEMĚDĚLSTVÍ	80
6.1	ODVĚTVÍ ZEMĚDĚLSTVÍ, LESNICTVÍ A RYBÁŘSTVÍ	80
6.2	DYNAMICKÁ INVESTIČNÍ FUNKCE	81
6.3	STAV KAPITÁLU A SPOTŘEBA – PIM Z POHLEDU SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY	83
6.4	INVESTIČNÍ VÝSTAVBA	88
6.5	POTENCIÁLNÍ PRODUKCE A POŽADOVANÝ KAPITÁL	91

6.6	DOTACE A MULTIPLIKAČNÍ EFEKT	95
6.7	PARAMETRIZOVANÁ DYNAMICKÁ INVESTIČNÍ FUNKCE V NACE A	98
6.8	SNÍŽENÍ POČTU EXOGENNÍCH PROMĚNNÝCH	107
7	ZÁVĚR	111
8	SLOVNÍK VYBRANÝCH POJMŮ	116
9	PŘÍLOHY	119
9.1	ALTERNATIVNÍ BILANCE FIXNÍHO KAPITÁLU – TABULKOVÁ ČÁST	119
9.2	ALTERNATIVNÍ MODEL PIM – ODHAD VĚKU AKTIV	142
9.3	DYNAMICKÁ INVESTIČNÍ FUNKCE S HRANIČNÍCH ROZVOJOVÝCH INVESTIC	144
9.4	CITLIVOSTNÍ ANALÝZA	149
9.5	TEST RŮSTU A ÚPADKU ODVĚTVÍ	150
9.6	SOUHRN Z ELEKTRONICKÉ DOKUMENTACE K MODELU DYNAMICKÉ INVESTIČNÍ FUNKCE	152
9.7	AGREGOVANÁ AKTIVA – ČISTÝ STAV FIXNÍHO KAPITÁLU	153
9.8	SEZNAM OBRÁZKŮ	154
9.9	SEZNAM TABULEK	156
10	POUŽITÁ LITERATURA	159
11	POUŽITÝ SOFTWARE	171
12	ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY	172

1 Úvod

Může být fixní kapitál dynamický? Je možné pozorovat vývoj v čase u něčeho, co má jako hlavní charakteristiku stálost? Pakliže ano, co si tedy pod pojmem fixní kapitál představit?

Fixní kapitál v této práci bude zkoumán především z národohospodářského hlediska, tak jak je měřen a definován pro potřeby národních účtů. Termín „fixní“ pak nevyjadřuje trvalost či neměnnost, ale spíše dlouhodobost, která je přesně definována mezinárodními standardy. Jádrem těchto standardů tvoří SNA 1993 (System of National Accounts 1993) a 2008 a jeho mutace platná pro Evropskou unii ESA 1995 (European System of Accounts 1995), které jsou dále rozšiřovány o dodatečné konkrétněji zaměřené manuály. Hlavním rysem těchto standardů je snaha o co nejvěrnější zachycení ekonomické reality. To často vede k problémům při šetření a získávání dat, ale i k četným nedorozuměním ze strany uživatelů.

Fixní kapitál je jeden z důležitých elementů národního bohatství a jeho atraktivita z hlediska uživatelů roste. Jednou z důležitých změn zvedených prostřednictvím SNA 1993 bylo v oblasti fixního kapitálu uspořádání stavových a tokových veličin. Samotná oblast fixního kapitálu, obsahuje hned několik veličin z obou těchto množin. Každoročně je sestavována bilance fixního kapitálu obsahující počáteční a koncový čistý stav fixního kapitálu i jeho spotřebu a tvorbu. Součástí bilance jsou i další toky vyjadřující vliv změny cenové hladiny a změny stavů, které nejsou součástí tvorby nebo spotřeby fixního kapitálu.

Celá bilance může na první pohled připomínat běžné účetní postupy. Odpisy v podnikovém účetnictví jsou však založeny na konvenci a v mnoha státech i možnosti volby, zatímco spotřeba fixního kapitálu a vyřazování majetku v národním účetnictví musí být založeny na skutečné životnosti aktiv. Také ocenění stavových proměnných není možné získat jednoduchým statistickým šetřením podnikových bilancí. Účetnictví používá historické ceny, běžně sčítá hodnoty aktiv z různých období, čímž tento údaj ztrácí požadovanou vypovídací schopnost. Skutečné systematické ocenění všech aktiv v národním hospodářství je v podstatě nemožné a snad jediná úplná inventarizace majetku v České republice proběhla na konci padesátých let dvacátého století.

Problémy s odhadem hodnoty fixního kapitálu je možné řešit pomocí matematických modelů. Pro tento účel se na základě SNA 1993 a ESA 1995 používá takzvaná PIM

(Perpetual Inventory Method), založené na akumulaci šetřením a dopočty získané hrubé tvorby fixního kapitálu a odhadu vyřazování a spotřeby fixního kapitálu.

Každý národní model PIM má své silné a slabé stránky, tyto modely se mohou lišit zachycením různých ekonomických aspektů i způsobem třídění. Českému statistickému úřadu, který je odpovědný za tuto problematiku pro Českou republiku, je mezinárodně přisuzována vysoká kvalita a to především z důvodů vysokého detailu třídění fixních aktiv. Pro ČR je tak možné získat bilance tříděné dle institucionálního sektoru, ekonomického odvětví i druhu majetku, což nedosahuje ani mnoho vyspělých zemí EU, které PIM implementovali mnoho let před ČR.

Existuje však mnoho problémů s konstrukcí modelu PIM. Mnohé ekonomické jevy související s fixním kapitálem a obsažené v mnoha teoretických pracích je obtížné v modelu zachytit. Navíc je model zjednodušen i z praktických důvodů. Mezinárodní implementace se i přes mnohá tato omezení a zjednodušení potýká s řadou problémů.

Implementace v ČR zatím nemodelovaných jevů, hledání a využívání nových postupů pro zkoumání fixního kapitálu nejen pro deskriptivní, ale především pro analytické účely je záměrem této práce.

Model PIM patří mezi deskriptivní modely. Jeho zaměření na zachycení a rozlišení tokových a stavových proměnných je podobné typickému pohledu systémové dynamiky a jejímu aparátu k zobrazení zkoumaného systému. Systémová dynamika však navíc umožní převod charakteristik deskriptivního modelu na model analytický, který bude vysvětlovat chování zkoumaného systému. Přestože systémová dynamika existuje již přibližně padesát let, v Českém prostředí se stále jedná o relativně mladou a rozvíjející se vědeckou disciplínu. Je charakteristická zkoumáním chování systému v čase a jednoznačným rozlišením stavových a tokových proměnných. Modely sestavené na principech systémové dynamiky poskytují hlubší porozumění chování systému, umožňují testovat různé politiky vedoucí ke stanovenému cíli, jejich pomocí lze identifikovat slabá místa i místa, jejichž změna generuje největší změny.

Pro naplnění principů systémové dynamiky je nutné nejenom převést a rozšířit současný model, ale poznatky o spotřebě, vyřazování a obecně sestavování bilancí fixního kapitálu implementovat do dynamického kauzálně uzavřeného modelu, tedy takového, který nebude obsahovat žádnou zásadní proměnnou v exogenní formě.

Časté jsou ekonomické analytické modely z oblasti investiční funkce (hrubé tvorby fixního kapitálu) na základě získaných dat o investicích předchozích, zjištěného stavu aktiv, zisku firmy atp. To je v zásadě opačný přístup, než jaký je používán pro PIM.

Model systémové dynamiky zachycuje vše důležité z hlediska zkoumaného problému v uzavřených smyčkách. Jedná se tedy o skloubení obou přístupů. Takovýto model pro oblast fixního kapitálu tak může poskytnout jak deskriptivní bilanční charakteristiky se zachycením zatím nepoužitých jevů, tak analytický model investičního chování, vysvětlující investiční chování.

2 Cíl a metodika disertační práce

2.1 Cíl

Cílem práce je rozšíření poznatků o vývoji fixního kapitálu v národním hospodářství České republiky.

Tento obecný cíl je rozdělen do následujících tří specifických cílů:

- 1. Na základě srovnání modelu využívaného pro odhad stavů a spotřeby fixního kapitálu v České republice s obecnou teorií a modely využívanými v zahraničí sestavit alternativní bilance fixního kapitálu.*

Jednotlivé národní modely se od sebe liší především způsobem výpočtu spotřeby fixního kapitálu. Není možné označit jeden přístup za lepší než ostatní. Srovnání dopadů zvoleného přístupu k výpočtu však obvykle chybí. V této práci budou srovnány dva nejvíce využívané přístupy na údajích za národní hospodářství České republiky.

- 2. S využitím metod systémové analýzy a operačního výzkumu navrhnout postup umožňující zachycení ekonomických jevů, které dosud bylo možné zachytit jen obtížně nebo vůbec.*

Rozšířený model umožní vyjádření věkové struktury fixních aktiv a dynamizaci průměrného věku aktiv. Věková struktura nepředstavuje pouze dodatečnou informaci, ale může i usnadnit a zpřesnit odhady přesunů použitých aktiv. Změna životnosti aktiv v čase je považována za běžný ekonomický jev a projev modernizace.

Pro dosažení prvního a druhého cíle je nutné splnit dvě kritéria. Navržený postup musí být v souladu s mezinárodními standardy OECD a Eurostatu (SNA a ESA), tedy musí se jednat o vylepšení PIM. Druhým kritériem je využitelnost těchto změn, změny musí být nejen formálně ekonomicky a matematicky správné, ale navržený postup musí být aplikovatelný v praxi. To bude zajištěno i tvorbou softwaru, který bude dělat navržené výpočty automaticky

3. *Odvození modelu investiční funkce pro vybrané odvětví České republiky (Sekce A CZ-NACE Zemědělství, lesnictví a rybářství) pomocí prostředků systémové dynamiky.*

Celý model bude kombinovat poznatky ze statistiky národních účtů i existujících modelů investičních funkcí. Bude však respektovat specifika konkrétního odvětví národního hospodářství. Cílem je vysvětlit investiční chování v období 2000 – 2010.

2.2 Metodika

1. Výběr a zpracování odborné literatury.

Studium literatury je možné rozčlenit na několik dílčích oblastí:

Jednou ze zásadních oblastí je měření fixního kapitálu. Tato oblast se skládá z obecné vědecké literatury zaměřené na fixní kapitál a investice a literaturu věnující se standardům měření a odhadům hodnoty fixního kapitálu.

Druhou oblastí je teorie a postupy systémové dynamiky, od definování její pozice jako vědní disciplíny až po praktické postupy modelování.

Třetí oblast je pak kombinace předchozích dvou, tedy analýza již existujících modelů změřená na investiční chování a vyjádření vyřazování a zastarávání fixních aktiv. Investiční chování podniků je součástí mnoha modelů systémové dynamiky, z hlediska cílů této práce je relevantní především ta část, která se zabývá makroekonomickými modely.

2. Analýza současného používaného modelu, zhodnocení silných a slabých stránek, návrh alternativního postupu.

Model používaný v ČR bude porovnán se zahraničními modely. Na základě tohoto porovnání je pak možné definovat silné a slabé stránky metody PIM obecně i konkrétně české varianty. S využitím metod systémové analýzy a metod operačního výzkumu pak bude navržena alternativní PIM.

3. Návrh modelu fixního kapitálu pro vybrané odvětví pomocí principů a technik systémové dynamiky.

Prvním krokem bude odvození spojitě alternativy PIM, tedy části modelu systémové dynamiky vystihující vyřazování a snižování hodnoty fixního kapitálu. Rozdělení těchto kroků je nutné především z důvodů pozdější evaluace výsledků modelu. Publikované údaje založené na standardní PIM nepostihují všechny ekonomické jevy, zachycené dynamickým modelem.

Ve druhém kroku bude vytvořen model investiční funkce tak, aby byl uzavřen zpětnovazebními smyčkami a neobsahoval žádnou důležitou vysvětlující exogenní proměnnou. Součástí modelovacího procesu bude i analýza kvality modelu, obsahující dimenzionální analýzu, testování chování modelu či citlivostní analýzu.

Pro dosažení prvních dvou specifických cílů je využit programovací jazyk *Visual Basic for Applications* verze 6.5.1053. Simulační model investiční funkce nutný pro naplnění třetího specifického cíle bude sestaven v simulačním softwaru *Vensim Professional* ve verzi 6.0b, dokumentace modelu pak bude vyhotovena s využitím softwaru *SDM-doc* ve verzi 4.9.00. Statistické výpočty budou realizovány v softwaru *R* verze 2.15.2. Základními datovými zdroji budou údaje statistiky národních účtů Českého statistického úřadu.

Vytvořené modely a elektronická dokumentace k modelu dynamické investiční funkce jsou na přiloženém CD.

3 Systémová dynamika

3.1 Vymezení pojmu

Základy systémové dynamiky položil J. W. Forrester již v padesátých letech dvacátého století (Forrester, 1989b, s. 5-6). Jak se vyvíjela systémová dynamika, její aparát i pohled autorů na vlastnosti, které shledávali jako zásadní, vyvíjela se i její definice:

Forrester (1961, s. 13, přel. autor) v počátcích této disciplíny definuje systémovou dynamiku (v té době ještě s názvem průmyslová dynamika, „industrial dynamics“) jako „...zkoumání charakteristik informačních zpětných vazeb průmyslových systémů a použití modelů pro návrh zlepšené organizační formy a řídicích postupů.“

Definice dalších autorů zdůrazňují vybrané vlastnosti systémové dynamiky. Například Coyle (1996, s. 10, přel. autor):

„Systémová dynamika se zabývá chováním řízeného systému v čase, jejím cílem je prostřednictvím kvalitativních a kvantitativních modelů systém popsat a porozumět, jak informační zpětné vazby řídí jeho chování, a pomocí simulace a optimalizace navrhnout robustní struktury informačních vazeb a politiky.“

Nebo Sterman (2000, s. 4, přel. autor):

„Systémová dynamika je metoda vedoucí k zlepšení studia komplexních systémů...“ „... je to metoda pro vývoj manažerských simulátorů, často simulačních modelů, které nám pomáhají pochopit dynamickou komplexitu, porozumět zdrojům resistance vůči navrhovaným politikám, a navrhnout politiky efektivnější.“

K jednoznačnému pochopení předchozích definic je nutné vysvětlit několik termínů, jak jsou chápány a používány z hlediska systémové dynamiky.

Systém je dle Meadows (2008, s. 188, přel. autor) „...množina prvků nebo částí, které jsou účelně organizovány a propojeny do vzorce či struktury produkující soubor charakteristických způsobů chování, často označovaných jako jeho funkce nebo účel.“ Jako příklady systémů pak uvádí trávicí systém, fotbalový tým, školu, továrnu, strom atd. Systém z pohledu systémové dynamiky tedy odpovídá tzv. „reálnému systému“, jak jej definují Habr a Vepřek (1986, s. 25-26) nebo dle Janíčka (2002, s. 60, vnitřní

uvozovky původní) systému v „I. významu, konstatujícím, že „objekt je systémem““, na rozdíl od abstraktního objektu zavedeného subjektem na zkoumaném objektu, ať již abstraktním či reálném (Janíček, 2002, s. 60). Checkland (1994, s. 189, přel. autor) k této problematice píše, že „...různá pojetí termínu ‘systém’ společně vytvářejí systémové myšlení...“.

Politika¹ je podle Forrester (1987a, s. 159) pravidlo či soubor pravidel, na základě kterého jsou přijímána rozhodnutí. Přičemž je nutné si uvědomit, že ne všechny takto definované politiky jsou součástí psaných dokumentů a ne všechna psaná (resp. formalizovaná) pravidla jsou politikami. Pravidlo lze považovat za politiku pouze tehdy, pokud je jeho produktem tok rozhodnutí (Hines, House, 2001, s. 4).

Nabízí se srovnání se strategií. Podniková strategie spočívá podle Koontz a Weihrich (1993, s. 123) především v „...určení dlouhodobých základních cílů podniku a stanovení nezbytných činností a zdrojů pro dosažení těchto cílů“. Politika je obecnější termín. Politika vyjadřující pravidla pro aktuální rozhodnutí nemusí mít vazbu na dlouhodobé cíle, navíc nemusí být ani v souladu se stanovenou strategií.

Morecroft (1985, s. 14-17) v tomto ohledu připisuje systémové dynamice podpůrnou roli – systémová dynamika pomáhá pochopit strukturu a chování systému a zajišťuje tak aby vynaložené úsilí, zavedená opatření, politiky odpovídaly co nejlépe stanoveným cílům. Meadows (2008, s. 138-141) klade důraz na důležitost správně definovaného cíle z hlediska způsobu měření jeho dosahování. Jako příklady uvádí bezpečnost státu měřenou výdaji na armádu – systém svým chováním zvyšuje výdaje, ne bezpečnost; nebo hrubý národní produkt, tokovou veličinou, která funguje jako měřítko ekonomického úspěchu státu a často vystupuje jako cíl společnosti, spojuje však pozitiva i negativa, nemusí vypovídat o kvalitě dlouhodobých aktiv, bezpečnosti, úrovni zdravotnictví atp.

Komplexnost vyjadřuje složitou propojenost prvků systému, (Meadows, 2008, s. 181-182; Sterman, 1994, s. 4-23). Jedná se především o složitost vazeb; množství prvků a kombinací, které je nutné zohlednit pro učinění rozhodnutí, vede k odlišné tzv. kombinatorické komplexnosti. **Dynamická komplexnost** zdůrazňuje vícesmyčkový, nelineární charakter systémů, obsahujících řadu zpoždění mezi příčinou a důsledkem, „...vychází z interakce mezi aktéry, která probíhá v čase“ (Sterman, 2000, s. 21). Sterman (2000, s. 22) předkládá výčet obecných systémových vlastností (tabulka

¹ Pozn. V originále používaný termín „policy“ je možné přeložit také jako postup, způsob jednání, apod.

č. 3.1), které způsobují dynamickou komplexnost. Tento výčet zároveň charakterizuje typický úhel pohledu systémové dynamiky, který ji odlišuje od jiných směrů a systémových teorií.

SYSTÉMY JSOU:	
Dynamické	Dynamičnost systémů vyjadřuje změnu, vývoj chování v čase. Vývoj a změny mohou probíhat v odlišných časových měřítkách (např. vývoj v letech, zatímco změny ve vteřinách).
Úzce propojené	Vzájemná propojenost aktérů a prvků vede v důsledku k nemožnosti udělat pouze jednu věc, bez vlivu na další aktéry či prvky.
Řízené zpětnou vazbou	Souvisí s předchozími body. Úzká propojenost prvků systémů vede k tomu, že každá akce vyvolá reakci, která má vliv na podmínky, které vyvolaly původní akci. Tato zpětná vazba však může být vzdálená v čase.
Nelineární	Reakce obvykle nebývá proporcionální k akci.
Závislé na historii	Rozhodnutí v určitém bodě na časové ose má vliv na možnosti volby v budoucnosti.
Sebe organizující	Dynamické chování systému vychází z jeho struktury, je dáno vazbami mezi prvky a agenty v systému.
Adaptivní	Rozhodovací schopnosti a pravidla se v čase mění. Adaptace je dána evolucí a učením prvků systému.
Protiintuitivní	Akce a reakce jsou vzdáleny v čase i prostoru. Pozornost je více věnována událostem blízko vysvětlované problémové situace, spíše symptomům, než skutečné, avšak skryté příčině. Účinné politiky obvykle nejsou zřejmé. Toto souvisí s omezenou racionalitou a mentálními modely (viz dále).
Resistentní vůči politikám	Složitost systému často přesahuje schopnosti mu porozumět. Proto mnoho zřejmých, očividných řešení selhává nebo situaci dokonce zhoršuje.
Charakteristické substitučními vztahy	Zpoždění ve zpětných vazbách je obvykle spojeno s rozdílnými dopady politik v krátkém a dlouhém období. Politiky se silným pákovým efektem často způsobují nejdříve zhoršení, zlepšení přichází až v delším období. Stejně tak naopak.

Tab. č. 3.1: Obecné vlastnosti systémů způsobující dynamickou komplexnost, podle Sterman (2000, s. 22)

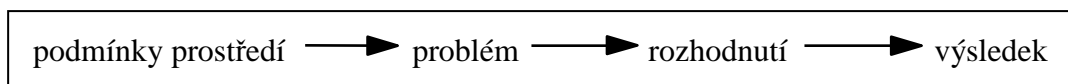
Tyto vlastnosti vedou k dalšímu charakteristickému znaku systémové dynamiky: endogennímu úhlu pohledu (System Dynamics Society, 2011). Příčiny problémů je nutno hledat uvnitř systému. Proto jsou modely systémové dynamiky uzavřeny pomocí

zpětnovazebních smyček a běžně neobsahují žádnou důležitou exogenní proměnnou (Forrester, 1993, s. 22). Tato uzavřenost je míněna ve smyslu příčinné, kauzální uzavřenosti, v takto uzavřeném modelu se stále mohou vyskytovat exogenní proměnné (materiál, energie, náhodné vlivy atp.), musí však obsahovat endogenní proměnné vysvětlující chování systému (Forrester, 1994, s. 254).

Vnímání systémů jako dynamických komplexních objektů vede k důležitému požadavku na modely systémové dynamiky: „Vždy je nutné modelovat problém. Nikdy nemodelovat systém.“ (Sterman, 2000, s. 90, přel. autor)

3.2 Systémová dynamika a systémové myšlení

Uvědomění si předchozích charakteristik je pak základem systémového myšlení v pojetí systémové dynamiky. Dle Sterman (2000, s. 10-19), Meadows (2008, s. 91-94) či Senge (2009, s. 86-91) systémové myšlení spočívá v přechodu z lineárního na nelineární myšlení. Lineární myšlení je častou příčinou resistance vůči navrženým politikám, či jevu, kdy se „včerejší řešení změní na dnešní problém“ (Sterman, 2000, s. 10, přel. autor). Systémové myšlení z pohledu systémové dynamiky tedy spočívá v opuštění lineárního pohledu na svět (obrázek č. 3.1)



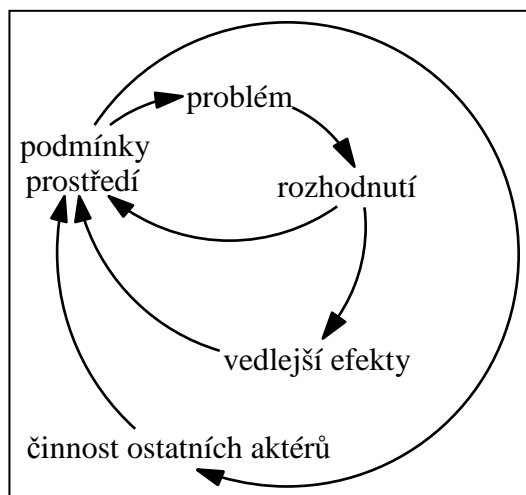
Obr. č. 3.1: Lineární pohled na svět.

Podle Sterman (2000, s. 10) a Senge (2009, s. 88).

a uvědomění si, že málokterá činnost zůstává bez odezvy, bez vedlejších (nečekaných) efektů a bez vlivu a reakce ostatních hráčů, agentů. Tedy právě v uvědomění si dynamické complexity systémů (obrázek č. 3.2).

Sterman (2000, s. 11) dodává, že vedlejší efekty nejsou součástí skutečnosti. Nedomyšlenost důsledků akcí je charakteristika činnosti a chápání aktéra, v realitě je možné hovořit pouze o efektech.

Checkland a Haynes (1994, s. 191, přel. autor) třídí „systémové přístupy k řešení reálných situací“ na „práci v tvrdých systémech“, kam řadí systémové inženýrství či počítačovou systémovou analýzu, „podporu rozhodování“, do které spadá například klasický operační výzkum, a „práci v měkkých systémech“, kde zaujímá důležitou roli měkká systémová metodologie. Systémovou dynamiku pak jednoznačně řadí do kategorie práce v tvrdých systémech.



Obr. č. 3.2: Systémový (zpětnovazební) pohled na svět.
Podle Sterman (2000, s. 11) a Senge (2009, s. 88).

Při srovnávání tvrdého a měkkého systémového myšlení Checkland (1985, s. 764-766) definuje jejich základní charakteristiky, výhody a nevýhody (viz. tabulka č. 3.2).

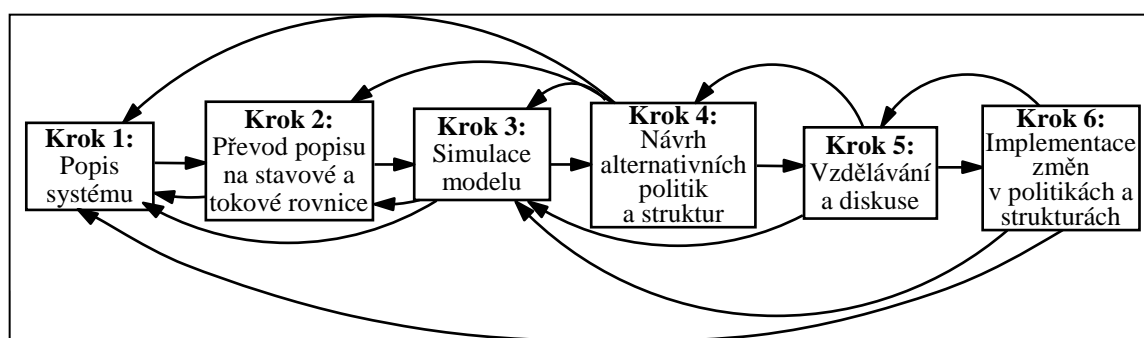
TVRDÉ SYSTÉMOVÉ MYŠLENÍ	MĚKKÉ SYSTÉMOVÉ MYŠLENÍ
Orientováno na dosahování cílů.	Orientováno na učení, studium.
Předpokládá, že svět obsahuje systémy, které mohou být naprojektovány, postaveny (engineered) vědeckými metodami.	Předpokládá, že svět je problematický, ale může být prozkoumán systémovými modely.
Předpokládá, že systémové modely jsou modely světa (ontologické hledisko).	Předpokládá, že systémové modely jsou intelektuální konstrukce (epistemologické hledisko).
Hovoří o problémech a řešeních.	Hovoří o problémových otázkách (issues) a přizpůsobeních (accommodations).
Výhody: Umožňuje použití silných technik.	Výhody: Přístupný jak profesionálním řešitelům, tak nositelům problému, zachovává kontakt s lidským obsahem problémových situací.
Nevýhody: Může vyžadovat profesionální řešitele, může „ztratit kontakt s aspekty skrytými za logikou problémové situace“.	Nevýhody: Neposkytuje konečné odpovědi. Zkoumání nikdy nekončí.

Tab. č. 3.2: Vlastnosti měkkého a tvrdého systémového myšlení
Checkland (1985, s. 765, přel. autor)

Checkland (1981, s. 190) navíc rozlišuje počáteční impuls k jejich použití: zatímco měkká systémová metodologie nachází uplatnění v případě potřeby dosáhnout zlepšení v systému se špatně definovanou problémovou situací, metody tvrdého systémového myšlení jsou používány v případě nutnosti řešit dobře a jasně definovaný problém.

Lane (1994, s. 105) charakterizuje tvrdý operační výzkum jako nezávislý na řešiteli, přičemž cíl je zřejmý a přesně definovaný ještě před samotnou analýzou. Měkký operační výzkum² je založený na modelech uzpůsobených konkrétnímu řešiteli a problému.

Forrester (1994, s. 251) v návaznosti na Lanea upozorňuje, že druhá definice odpovídá systémové dynamice více než první. Navíc ukazuje na procesu systémové dynamiky (obrázek č. 3.3), že systémová dynamika má mnoho charakteristik měkkého operačního výzkumu (kroky 1 a 4-6), pouze přidává matematickou formulaci problému a simulaci (kroky 2 a 3). Krok 5 vyjadřuje jednak těsnost kontaktu mezi klientem a řešitelem, jednak vyjadřuje orientaci měkkého systémového myšlení z tabulky č. 3.2.



Obr. č. 3.3: Proces systémové dynamiky

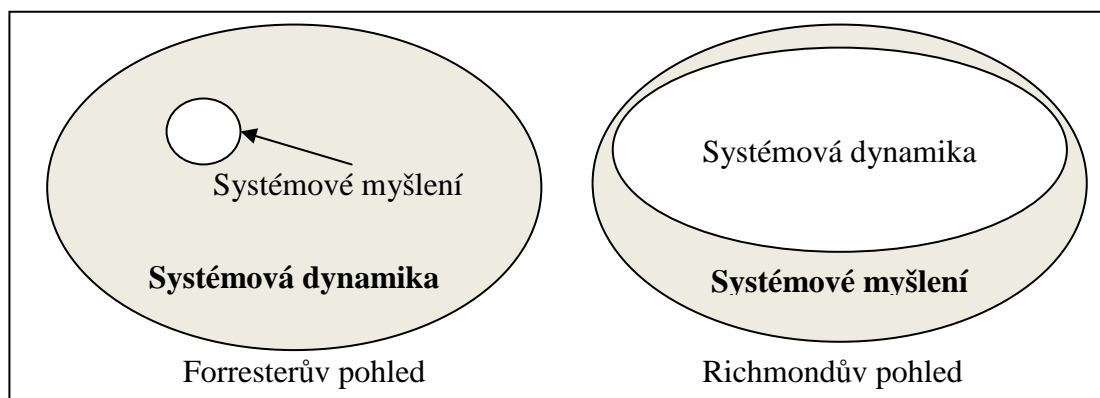
Forrester (1994, s. 245, přel. autor)

Ani dobře a jasně definovaná problémová situace není typická pro využití systémové dynamiky. Je naopak využívána tam, kde přestaly fungovat zaběhnuté postupy, a není jasný důvod této změny chování. Pomáhá pochopit příčinu nežádoucího stavu, na začátku nemusí být jasně definovaný cíl, kterého má být dosaženo. Systémová dynamika mnohdy pomáhá problémovou situaci definovat. (Forrester, 1994, s. 245-246; Coyle, 1996, s. 10-14)

² Citovaní autoři (Forrester, Checklan, Lane) používají Soft OR (měkký operační výzkum) jako obecný termín, měkká systémová metodologie (Soft System Methodology, SSM) rozvíjená Checklandem je pak jeho důležitou součástí, stejně jako například SODA (Strategic Options Development and Analysis) a SC (Strategic Choice), více viz Rosenhead a Mingers (2001).

Mnozí autoři (Forrester, 1994, s. 251; Checkland, 1994, s. 191; Richmond, 1994, s. 135) poukazují na časté a nesprávné používání termínů systémová dynamika a systémové myšlení jako synonym. Mnohdy se však neshodnou na vztahu mezi nimi.

Richmond (1994, s. 136-137) ukazuje rozdílné vnímání tohoto vztahu pomocí Vennových diagramů (obrázek č. 3.4). Sám však vysvětluje tento rozdíl především rozdílným vnímáním termínu systémové myšlení.



Obr. č. 3.4: Různé pohledy na vztah systémové dynamiky a systémové myšlení
Richmond (1994, s. 137).

Richmond (1994, s. 139, přel. autor) definuje systémové myšlení jako „umění a vědeckou disciplínu provádění spolehlivých zásahů do chování pomocí prohlubujícího se porozumění základní struktury“. Dodává, že systémové myšlení vystupuje ve dvou rolích: jako paradigma a jako metoda učení.

Naproti tomu Forrester (1994, s. 251, přel. autor) hovoří o systémovém myšlení jako o „poměrně obecném a povrchním vnímání systémů“, z jeho pohledu se jedná o uvědomování si jejich existence a důležitosti. To může pomoci hlubšímu pochopení systému, a proto systémové myšlení považuje za jeden z nástrojů využívaných spolu s případovými studii, měkkým operačním výzkumem atd. v prvním kroku procesu systémové dynamiky (obrázek č. 3.3).

3.3 Proces a účel systémové dynamiky

Zatímco Coyle (1996, s. 10) připouští, že problém může být vyřešen před transformací na matematický model a jeho počítačovou simulací (tzn. vynechání třetího kroku z obrázku č. 3.3), Forrester (1971a, s. 54) i Serman (2000, s. 38) zdůrazňují důležitost simulací právě z důvodu obtížně odhadnutelného až protiintuitivního chování dynamických systémů. Forrester (1994, s. 246) navíc upozorňuje na zpětnou vazbu do předchozích kroků, tedy že simulace vede k dalšímu zpřesnění popisu systému.

Nutnost simulace dokládá i velice nízká schopnost člověka odhadovat vývoj exponenciálního růstu (jednu z běžných charakteristik nelineárního chování systému). Na odhad nemá vliv ani zvýšení počtu datových bodů v časové řadě (Wagenaar, Timmers, 1978, s. 183-184).

Simulace jsou obvykle zaměřeny na konkrétní kvantitativní výsledky a statistickou analýzu chování zkoumaného systému (např. Dlouhý *et al.*, 2007; Bratley, Bennett a Linus, 1983 nebo Hušek a Lauber, 1987). Počítačová simulace v systémové dynamice je však odlišná – má pomoci pochopit chování systému, není zaměřena na individuální rozhodnutí, ale na politiky, tj. na pravidla, podle kterých jsou tato rozhodnutí prováděna, přesné výsledné hodnoty proměnných proto nejsou obvykle rozhodující (Forrester, 1987a, s. 159). V souladu s diagramem z obrázku 3.3 Forrester (1985, s. 134) zdůrazňuje důležitost celého procesu modelování oproti dílčímu hotovému modelu, kontinuální modelovací proces reflektuje změny v prostředí a změny požadavků na výsledky analýzy.

Přesto je možné najít i aplikace, jejichž výsledkem je přesné stanovení hodnoty nějakého ukazatele. Sterman (2000, s. 55-66) uvádí příklad firmy Ingfall Shipbuilding, která získala v sedmdesátých letech dvacátého století patnáctiletý kontrakt pro výstavbu moderních vojenských plavidel. Neustálé změny v projektu ze strany Amerického vojenského námořnictva však vedly ke ztrátovosti celého kontraktu. Vše vyústilo až v soudní spor, ve kterém firma Ingfall využila model systémové dynamiky pro ocenění ztráty způsobené ze strany US NAVY. Model může sloužit i jako příklad již zmíněného protiintuitivního chování. Námořnictvo zpochybnilo zkonstruovaný model a ten byl přepracován na základě požadavků jeho vlastních expertů. Výsledkem této úpravy byl výpočet ještě vyšší ztráty způsobené námořnictvem. V roce 1978 soud rozhodl ve prospěch firmy Ingfall, která tak získala téměř půl miliardy dolarů. Sterman (2000, s. 64) k tomuto případu dodává, že klientem při modelování nebyla ve skutečnosti pouze firma Ingfall, ale i americké námořnictvo a také soud.

3.4 Mentální modely a omezená racionalita

Protiintuitivní chování znamená, že akce vyvolávají neočekávané reakce, systémy jsou rezistentní vůči politikám a že se místa, kde by podnět vyvolal žádoucí reakci a pákový

efekt³, nacházejí tam, kde je většina lidí nepředpokládá (Forrester, 1971a, s. 55-56; Meadows, 2008, s. 145-147; Sterman, 2000, s. 5-38). Protiintuitivnost je také jeden z důvodů, proč Senge (2009, s. 45-71) ve své knize věnuje kapitolu otázce „Vězni systému nebo vězni vlastního myšlení?“.

Toto chování vychází z několika příčin, vedle matematiky exponenciálního růstu a zpoždění jsou často zdůrazňovány dvě teorie, které leží v průniku ekonomie a psychologie – mentální modely a omezená racionalita (Meadows, 2008, s. 105-110, Sterman, 2000, s. 32-33 a s. 598-599, Senge, 2009, s. 177-203).

Podle Doyle a Ford (1998, s. 3-4) jsou mentální modely předmětem zájmu a východiskem systémové dynamiky již od jejího založení. Jejich pojetí se však liší v závislosti na čase i každém autorovi tak výrazně, že si různé definice i zcela odporují. Dle různých autorů tak jednou mohou být mentální modely silně zjednodušené, podruhé složité, jednou proměnlivé, jindy neměnné.

Proto Doyle a Ford (1998, s. 15, přel. autor) termín zpřesňují na „mentální modely dynamických systémů“ a na základě srovnání různých pohledů autorů z oblasti systémové dynamiky a z oblasti kognitivní psychologie jej definují jako „...relativně stálé... ..a přístupné... .., ale omezené... ..vnitřní... ..pojmové... ..reprezentace... ..externích systémů... .., jejichž struktura... ..zachovává vnímanou strukturu těchto systémů“ (Doyle, Ford, 1998, s. 17-19, přel. autor). Sousloví „pojmová reprezentace“ vyjadřuje relativní složitost této zvnitřněné představy, která představuje nutnost slovního vyjádření. Pro obrazovou představu (mentální obraz) je již mentální model příliš složitý. Sousloví „vnímaná struktura“ vystihuje pouze částečnou úspěšnost mentálních modelů při zachycování skutečné struktury systému.

Kim a Senge (1994, s. 279-280) zdůrazňují důležité dělení mentálních modelů na individuální a sdílené, které se v duchu systémové dynamiky vzájemně ovlivňují ve zpětnovazebné zpožděné smyčce učící se organizace.

Mentální modely určují nejen vnímání světa, ale také chování v něm. Pokud se takové mentální modely stanou podvědomými, přestanou být chápány jako zjednodušení a mohou bránit pozitivní změně. Jejich reformulace ji však může i podpořit. Z tohoto důvodu je důležité jejich odhalování a chápání. (Senge, 2009, s. 179-180)

³ Někdy se při překladu používá pouze sousloví „pákový efekt“ (např. Senge, 2009), původní význam „leverage point“ však neodkazuje pouze na samotný efekt a jeho velikost, ale především na místo, kde je možné jej dosáhnout.

Firma General Motors proto může být uváděna jako příklad statického myšlení a podvědomých mentálních modelů při definování vize a cílů této firmy na konci osmdesátých let dvacátého století (Senge, 2009, s. 179). Může však sloužit i jako příklad firmy, které v letech devadesátých pomocí modelu systémové dynamiky pochopila a překonala špatné mentální modely o krátkodobém leasingu. Americký trh s automobily byl v této době charakteristický využíváním krátkodobého leasingu a narůstajícími prodeji ojetin na úkor nových automobilů. GM na základě dynamického modelu jako první americká automobilka přestala poskytovat dvouletý leasing. Tento krok vedl ke zvýšení prodejů nových automobilů na úkor ojetých, z jejichž prodeje neměla GM zisk, a získání výrazné konkurenční výhody (Sterman, 2000, s. 42-55).

Senge (2009, s. 202-203) představuje disciplínu mentálních modelů a disciplínu systémového myšlení jako důležité komplementy. Zatímco první z nich je zaměřena na odhalování zmíněných vnitřních představ o systému, druhá pomáhá odhalovat problémy jimi vyvolávané a je nástrojem jejich změny. Jak podotýká Checkland (1994, s. 191), Senge pod pojmem systémové myšlení prezentuje zjednodušený koncept systémové dynamiky.

Při pokusu o přibližnou kvantifikaci omezenosti mentálních modelů se někteří autoři (Senge, 2009, s. 191, Sterman, 2000, s. 600) odkazují na práci G. A. Millera a v ní zkoumaných „magických“ 7 ± 2 proměnných, které je běžný člověk schopen uchopit v jednom okamžiku. Miller (1956) představuje několik experimentů dokazujících omezené možnosti lidského vnímání, ať už jde o sluch, zrak, hmat či krátkodobou paměť. Při vyjádření konkrétního čísla se však vyjadřuje skepticky a obává se, že číslo sedm může být pouze „škodlivou shodou okolností“ (Miller, 1956, s. 93, přel. autor). Cowan (2000) předkládá historický vývoj pohledu na problematiku krátkodobé paměti tak, jak se vyvíjel od Millerova článku, a sám dochází k ještě nižšímu „magickému“ číslu 4 ± 2 .

Ať už je přesnější číslo 4, 7, nebo nějaké jiné, je zřejmé, že k pochopení komplexního dynamického systému bude potřeba nějaký pomocný nástroj. Na toto je zaměřena systémová dynamika, přestože stejně jako v případě jakéhokoli jiného modelu jsou i modely systémové dynamiky „...nedokonalé, zjednodušené a nedokončené“ (Meadows *et al.*, 1972, s. 21, přel. autor).

Jak vyplývá z výše uvedené definice politiky využívané pro systémovou dynamiku, modely systémové dynamiky se zaměřují na to, jak jsou v systému rozhodnutí skutečně přijímána. To se váže na teorii omezené racionality. Simon (1955) na základě možnosti

živých organismů získávat a zároveň i jejich kapacity zpracovávat informace hovoří o „přibližné racionalitě“ (Simon, 1955, s. 114, přel. autor), zároveň vysvětluje, že pro detailnější analýzu rozhodování je potřeba dynamický model. V další své práci Simon (1956) navrhuje model rozhodování dle jednoho cíle (v Simonově příkladu se jednalo o získávání potravy) i více cílů živých organismů a dokazuje, že živé organismy v důsledku nedostatečné kapacity nedosahují svých cílů optimální cestou, ale pouze tzv. „...„uspokojivou“ cestou, takovou, která umožní uspokojení na stanovené úrovni všech potřeb“ (Simon, 1956, s. 136, přel. autor). Forrester (1987a, s. 158, přel. autor) k tomuto tématu dodává, že hledání optima je možné pouze pro „naivní jednoduché otázky“.

Hlavními rysy omezené racionality jsou pak selektivní vyhledávání informací a rozhodovacích alternativ a uspokojivé namísto optimálního řešení (Simon, 1979, s. 364). To má příčinu (vedle omezených poznávacích kapacit a znalostí) i v časovém omezení (Sterman, 2000, s. 27).

Ve svém jádru je omezená racionalita mentálním modelům velice podobná, oba pohledy ukazují na omezené možnosti člověka a důsledky těchto omezení. Vedle nutnosti zachytit tento způsob rozhodování v modelech systémové dynamiky (Morecroft, 1984, s. 217), je omezená racionalita další důvod, proč využít nějaký pokročilý nástroj pro podporu rozhodování, mezi které systémová dynamika patří. Toto charakterizoval Forrester (1961, s. 117, přel. autor.) již v počátcích systémové dynamiky: „Síla systémové dynamiky nespočívá v přístupu k lepším informacím, než mají manažeři. Její síla spočívá ve schopnosti většího využití informací stejných a v užitečnějším vystihnutí jejich důsledků.“

3.5 Charakteristiky modelů systémové dynamiky

Jak již bylo řečeno, systémová dynamika využívá k pochopení chování komplexního dynamického systému simulační modely. Dlouhý *et al.* (2007, s. 13) dělí simulační modely ze dvou hledisek: zachycení času a zachycení stavů (viz tabulka č. 3.3).

	Čas je spojitý	Čas je diskrétní
Množina hodnot stavů je spojitá	Diferenciální rovnice	Diferenční rovnice
Množina hodnot stavů je diskrétní	Simulace diskrétních událostí	Markovské řetězce

Tab. č. 3.3: Typy simulačních modelů podle zachycení dynamiky systému
Dlouhý *et al.* (2007, s. 13)

Při využití tohoto třídění patří simulace v rámci systémové dynamiky do levého horního pole. Modely systémové dynamiky jsou konstruovány jako soustavy diferenciálních rovnic, jelikož čas a stavy jsou brány jako spojité (model samozřejmě může obsahovat i diskrétní proměnné) (Forrester, 1961, s. 64-66; Sterman, 2000, s. 206-207).

V předchozích odstavcích byl popsán specifický způsob, jak systémová dynamika nahlíží na svět. Tento způsob se projevuje také jedním charakteristickým rysem modelů systémové dynamiky – používáním měkkých proměnných, tedy takových proměnných, pro které nejsou k dispozici numerická data (Sterman, 2000, s. 853-855). Ačkoli tento charakteristický rys někdy vede k nesouhlasným reakcím některých odborníků, modely systémové dynamiky často obsahují proměnné jako například „kvalita života“, „předsudky“ nebo „spokojenost“ (Meadows, 2008, s. 176).

Přestože je takovéto proměnné obtížné přesně kvantifikovat, mnohdy je možné vyjádřit jejich změnu na základě změny proměnných jiných a stejně tak je možné určit i přibližný tvar křivky vyjadřující tuto změnu (Sterman, 2000, s. 552-553). Model je samozřejmě nutné testovat na citlivost vůči této proměnné (Sterman, 2000, s. 854).

Nejistota při kvantifikaci je častým důvodem pro vynechání těchto proměnných. „To je však stejné jako říci, že jejich efekt je roven nule – patrně jediná hodnota, o které je známo, že je chybná.“ (Forrester, 1961, s. 57, přel. autor).

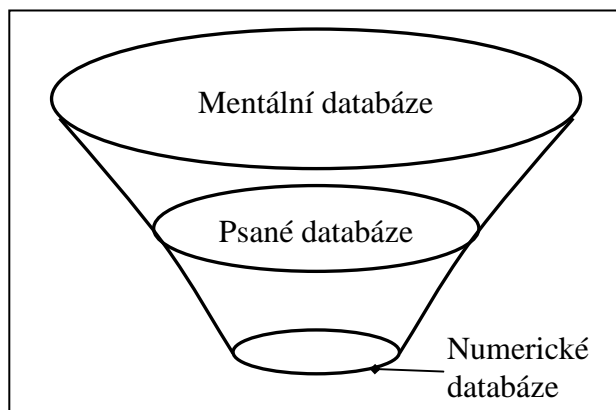
Forrester (1961, s. 57) navíc zdůrazňuje rozdíl mezi přesností ve smyslu správnosti a výstižnosti oproti přesnosti ve smyslu specifčnosti a přesné konkretizace⁴. Matematická formulace představuje přesnost ve druhém smyslu, nemůže však vždy zaručit přesnost ve smyslu prvním.

Zaměření na politiky, modelování rozhodování, tak jak skutečně probíhá, omezená racionalita a mentální modely vedou Forrestera (1987b, s. 143-145) ke specifikaci zdrojů dat a informací pro potřeby simulačních modelů. Obrázek č. 3.5 vyjadřuje obvyklé množství informací a dat, které je v rámci každé kategorie k dispozici. Zároveň také vyjadřuje množství informací o struktuře a politikách, tedy informaci nutnou pro sestavení dynamického modelu.

Kauzalitu, strukturu, způsob rozhodování je možné nalézt především v mentální databázi. V případě psané databáze Forrester varuje před přílišným využíváním odborné literatury. Pro dynamický model je nutné zachytit, jak jsou rozhodnutí skutečně prováděna, Forrester (1987b, s. 144) však připomíná, že mnohá odborná literatura spíše

⁴ „Accurate“ vs. „Precise“

vysvětluje, jak by rozhodnutí prováděna měla být. Nejmenší podíl zabírají numerická data, ta slouží především ke kvantifikaci parametrů modelu, umožňují vyjádřit cykličnost, zpoždění, časové řady jsou důležité pro testování správnosti modelovaného chování systému.



Obr. č. 3.5: Zdroje dat a informací pro dynamické modely
Forrester (1987b, s. 143).

Snaha o vytvoření modelu, který kvalitně reprezentuje chování systému, vyjadřuje další charakteristika modelů systémové dynamiky – **robustnost** (Ratnatunga a Sharp, 1976, s. 87). Princip robustnosti spočívá v tom, že „model by se měl vždy chovat dle daných podmínek, navzdory tomu, jaké tyto podmínky jsou“ (Coyle, 1996, s. 6, přel. autor). Nejedná se pouze o ošetření dělení nulou, nebo zamezení zápornosti u proměnných, u kterých by to odporovalo logice. Je nutné také testovat extrémní podmínky, a to i takové, které by neměly ve skutečnosti nastat. (Coyle, 1996, s. 26; Sterman, 2000, s. 519)

Tomuto principu také více odpovídá multiplikativní charakter rovnic modelu. Sterman (2000, s. 528) toto ilustruje na příkladu vyjádření závislosti porodnosti na několika faktorech, jako je množství jídla, kvalita zdravotnictví atp. Je zjevné, že v případě nulového množství jídla musí být i porodnost rovna nule, což umožní právě součin. Vyjádření vztahů pomocí součtu předpokládá oddělitelnost vlivu faktorů.

Předchozí odstavce zabývající se datovými zdroji a přístupem k modelování lze vymezit jedním ze základních principů jakéhokoli matematického modelování. GIGO (Garbage In, Garbage Out) vyjadřuje nemožnost získání kvalitních výsledků z nekvalitních vstupů (Meadows, Randers a Meadows, 2004a, s. 156).

3.6 Základní nástroje pro popis systému

Soustavy diferenciálních rovnic používané pro vytvoření simulačního modelu jsou obvykle sestavovány na základě grafického vyjádření systému. Grafické vyjádření slouží v první řadě řešiteli (představuje přechod mezi mentálními modely a matematickým vyjádřením problému). Pakliže se jedná o model vytvářený na základě objednávky klienta (obvykle nositele problému), je grafické řešení využíváno také pro komunikaci s ním. Někdy se pak používá více diagramů, které se liší svou složitostí podle účelu diagramu. (Coyle, 1996, s. 43-44)

Prvním druhem diagramu je **příčinně smyčkový diagram**⁵. Tento diagram v základní formě zachycuje proměnné propojené šipkami tak, aby vyjádřily vliv jedné proměnné na druhou (Hall 1978, s. 104; Sterman, 2000, s. 138-140). Jeho základní výhodou je jednoduchost a přehledné vyjádření zpětnovazebních smyček (Hall, 1995, s. 343).







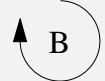
Příčinně smyčkový diagram je navíc někdy rozšiřován o symboly zpoždění, případně může grafika šipky odlišovat fyzické a informační toky (Coyle, 1996, s. 21). Tabulka č. 3.4 obsahuje základní prvky příčinně smyčkových digramů. **X** a **Y** vyjadřují proměnné, T_0 počáteční stav, T aktuální čas a t okamžik mezi T_0 a T . V interpretaci polarity vazeb lze samozřejmě změnit „růst“ na „pokles“ a odpovídajícím způsobem zaměnit termíny „roste“ a „klesá“ a „nad“ a „pod“.

Polarita vazeb je vyjádřena pomocí znamének „+“ a „-“ nebo pomocí „S“ (Same) a „O“ (Opposite). Richardson (1997, s. 248) upozorňuje na zavádějící význam symbolů „S“ a „O“. Například negativní vazba nemusí znamenat vždy opačný směr vývoje, což dokládá na příkladu modelu infikování nemocí. Snížení míry toku nakažených neznamená snížení počtu nemocných, přestože mezi těmito proměnnými je nepochybně kladná vazba. Takové snížení pouze znamená nižší růst počtu nemocných oproti růstu, který by nastal, kdyby se míra infekčnosti nesnižovala.

Na základě polarity vazeb mezi jednotlivými proměnnými v uzavřené zpětnovazebné smyčce je určen typ zpětnovazebné smyčky (Sterman, 2000, s. 145-146; Coyle, 1996, s. 7). Sebeposilující smyčka (ve stejném významu je také používán termín pozitivní smyčka, je značena „+“ nebo „R“ jako „Reinforcing“) vyjadřuje, že původní hodnota proměnné má přes několik vazeb na další proměnné posilující vliv na hodnotu té samé proměnné. Někdy jsou sebeposilující smyčky také vyjadřovány symbolem z kopce se

⁵ Pozn.: Causal loop diagram nebo Influence diagram jsou běžně, ne však vždy, používány jako synonyma (Coyle, 1996). V tomto textu budou rozlišovány příčinně smyčkové diagramy a diagramy stavů a toků.

valící sněhové koule. Vyvažující smyčka (synonymem je v tomto případě negativní smyčka nebo cíl-hledající smyčka, značena je „-“ nebo „B“ jako „Balancing“) naopak zachycuje situaci, kdy hodnota proměnné má v rámci smyčky snižující účinek na sebe samou. Proměnné jsou velice často součástí několika různých smyček, směr vývoje je pak určen dominantním druhem smyček (Meadows, 2008, s. 42-47).

SYMBOLICKÉ VYJÁDŘENÍ	INTERPRETACE	MATEMATICKÁ FORMULACE
	Za jinak neměnných okolností při růstu x roste y nad úroveň, na které by bylo v případě konstantního x .	$\frac{\partial y}{\partial x} > 0$
	V případě, že y je stavová proměnná (akumulace): x přibývá k y .	$y = \int_{T_0}^T x dt + y_{T_0}$
	Za jinak neměnných okolností při růstu x klesá y pod úroveň, na které by bylo v případě konstantního x .	$\frac{\partial y}{\partial x} < 0$
	V případě, že y je stavová proměnná (akumulace): x ubývá z y .	$y = \int_{T_0}^T -x dt + y_{T_0}$
	Zpoždění	Záleží na typu (viz kapitola 3.9)
 nebo 	Sebeposilující/pozitivní smyčka	Záleží na konkrétní smyčce
 nebo 	Vyvažující/negativní/cíl-hledající smyčka	Záleží na konkrétní smyčce

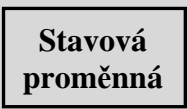


Tab. č. 3.4: Prvky příčinně smyčkového diagramu a jejich interpretace podle Sterman (2000, s. 138-139)

Další běžně používaný diagram je **diagram stavů a toků**⁶. Diagram stavů a toků je založen na metafoře přítoku a odtoku vody z nádrže (Sterman, 2000, s. 193-194). Jak název napovídá, je tento druh diagramů zaměřen na vyjádření stavových a tokových proměnných. Tyto diagramy umožňují přesnější vyjádření systému a snadněji se převádí do matematického modelu, jsou v nich však méně patrné zpětnovazebné smyčky (Hall, 1995, s. 342).

⁶ Tento druh diagramů byl s několika odlišnostmi využíván již ve Forrester (1961), zde byl však nazýván pouze diagramem toků.

Diagram stavů a toků obsahuje stejné znaky jako příčinně smyčkový diagram, vazby značené obyčejnou šipkou však vyjadřují informační/příčinnou vazbu; toky a stavové proměnné jsou vyjádřeny pomocí speciálních symbolů (Meadows, 2008, s. 17-19; Coyle, 1996, s. 45-47; Sterman, 2000, s. 193). Tabulka č. 3.5 obsahuje symboly diagramu stavů a toků, které nejsou součástí smyčkově příčinných diagramů.

Morecroft (1982, s. 23-25) navrhuje rozšíření o diagram subsystémů a diagram struktury politik. Jedná se o dodatečné symboly, které přidávají další informace do diagramu. Jeho návrh tak v důsledku posiluje pozitiva diagramu stavů a toků, ale i jeho negativa, dalším zvýšením složitosti grafického vyjádření.

SYMBOL	INTERPRETACE
	Akumulace, úroveň, zásoba, stav; častým příkladem je vana napouštěná vodou. Z hlediska matematických formulací je reprezentována určitým integrálem.
	Tok je vstupem nebo výstupem z akumulace, příkladem by byla přitékající voda z kohoutku.
	Mraky vyjadřují stavovou proměnnou za hranicí modelu.

Tab. č. 3.5: Prvky diagramu stavů a toků
podle Sterman (2000, s. 193) a Meadows (2008, s. 17-18)

Sterman (2000, s. 194) předkládá alternativy vyjádření struktury stavů a toků a vystihuje tak přechod od diagramu stavů a toků k matematické formulaci modelu:

a) Pomocí diagramu stavů a toků



Obr. č. 3.6: Obecná struktura v diagramu stavů a toků

b) Pomocí integrálu

$$Stav_T = \int_{T_0}^T (Vstupní tok_t - Výstupní tok_t) dt + Stav_{T_0}. \quad (3.1)$$

T_0 , T a t mají stejný význam jako v tabulce č. 3.4.

c) *Pomocí diferenciální rovnice*

$$\frac{d(\text{Stav})}{dt} = \text{čistá změna stavu} = \text{Vstupní tok}_t - \text{Výstupní tok}_t. \quad (3.2)$$

Modelovací software pak obvykle používá nějakou zjednodušenou funkci. Simulační software Vensim, používaný v této práci, pak stejnou strukturu vyjádří následujícím způsobem (Ventana Systems, 2010).

d) *Vensim*

$$\text{Stav} = \text{INTEG}(\text{Vstupní tok} - \text{Výstupní tok}, \text{Stav}_{T_0}). \quad (3.3)$$

3.7 Stavové proměnné – klasifikace systémů a vliv na jejich chování

Mass (1976) charakterizuje vliv stavových proměnných na dynamiku poptávky a nabídky, některé jeho závěry je však možné zobecnit a formulovat tak vliv stavových proměnných na dynamiku systému:

- Stavové proměnné vytvářejí zpoždění, a tedy i oscilaci nebo překročení mezí.
- Zpoždění souvisí i se setrvačností/pamětí systému, což může vést k protichůdným výsledkům v krátkém a dlouhém období, jejich znalost umožňuje a ulehčuje orientaci na dlouhé období.
- Charakterizují systém, jeho stav (například bohatství atp.) – ovlivňují rozhodování.
- Jsou zdrojem toků a produkují mechanismy k dosažení rovnováhy.

V případě, že je obtížné rozhodnout, zda se jedná o stavovou nebo tokovou veličinu, doporučuje Sterman (2000, s. 199-200) využít tzv. momentkový test (snapshot test). Fotografie převede dynamicky se chovající systém na statický obraz. Vše, co jde na takto zastavené představě systému spočítat, změřit či jinak kvantifikovat, je jistě stavová proměnná.

Stavy určují také tzv. řád systému, smyčky či zpoždění. **Řád** vyjadřuje množství obsažených stavových proměnných v dynamickém systému nebo smyčce (Ratnatunga, Sharp, 1976, s. 88; Sterman, 2000, s. 264).

Sterman (2000, s. 194) charakterizuje *Stav* s jako funkci vstupních a výstupních toků, stav integruje/akumuluje vstupní toky *i* mínus toky výstupní *o*:

$$s_T = \int_{T_0}^T (i_t - o_t) dt + s_{T_0}. \quad (3.4)$$

Stejně tak vstupní a výstupní *toky* jsou funkcí stavů s , exogenních proměnných u a parametrů (konstant) c (Sterman, 2000, s. 204):

$$i_t = f(s_t, u_t, c), \quad (3.5)$$

$$o_t = g(s_t, u_t, c). \quad (3.6)$$

Systém je *lineární*, jsou-li všechny jeho tokové proměnné lineární kombinací stavových a exogenních proměnných (Ratnatunga a Sharp, 1976, s. 88; Sterman, 2000, s. 264):

$$\text{tok } \frac{ds}{dt} = a_1 s_1 + a_2 s_2 + \dots + a_n s_n + b_1 u_1 + b_2 u_2 \dots + b_m u_m, \quad (3.7)$$

kde koeficienty a_i a b_j jsou konstanty (parametry modelu), patří mezi ně tedy i c z rovnic (3.5) a (3.6).

Pakliže \mathbf{s} je vektor stavových proměnných, tokové proměnné jsou funkcí těchto stavů a vektoru exogenních proměnných \mathbf{u} (Sterman, 2000, s. 265):

$$\text{toky } \frac{d\mathbf{s}}{dt} = f(\mathbf{s}, \mathbf{u}). \quad (3.8)$$

Lineární systém vyššího řádu je tedy možné vyjádřit pomocí matic koeficientů \mathbf{A} a \mathbf{B} (Sterman, 2000, s. 265):

$$\text{toky } \frac{d\mathbf{s}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{s} + \mathbf{B}\mathbf{u}. \quad (3.9)$$

3.8 Výpočty v rámci počítačové simulace dynamických modelů

Modely systémové dynamiky jsou tvořeny soustavami obyčejných diferenciálních rovnic, které jsou velice často nelineární. Běžně není možné získat analytické řešení těchto soustav a je proto nutné použít metody numerické integrace. Mezi běžně používané metody patří Eulerova metoda a metody Runge-Kutta⁷. (Sterman, 2000, s. 208)

Eulerova metoda – nejjednodušší metoda, předpokládá, že toky zůstávají konstantní po zvolený časový krok dt (Rao, 2002, s. 639-640; Yamaguchi, 2000, s. 62-63):

$$Tok_t = \text{Vstupní toky}_t - \text{Výstupní toky}_t, \quad (3.10)$$

⁷ Následující metody jsou podle Rao (2002, s. 639-665) a Yamaguchi (2000, s. 62-65), jsou však přepsány tak, aby odpovídaly formě z kapitoly 3.6.

$$Stav_{T_0+dt} = Stav_{T_0} + Tok_{T_0}(Stav_{T_0})dt. \quad (3.11)$$

Runge-Kutta – dopočítávají body i uvnitř časového kroku, využívají Taylorův rozvoj a rekurentní vzorce pro dopočítávání bodů na intervalu $\langle T_0, T_0 + dt \rangle$ ⁸. Vzhledem k tomu, že tímto způsobem vzniká soustava m rovnic o $m+k$ neznámých ($k = 1$ pro

⁸ Například řešení diferenciální rovnice prvního řádu (v tomto případě řád vyjadřuje nejvyšší řád derivace v rovnici):

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y)$$

s počáteční podmínkou:

$$y(x_0) = y_0,$$

pro numerické řešení je zvolen krok dt takový, že:

$$x_i = x_0 + idt.$$

Metody Runge-Kutta je možné vyjádřit pomocí následujícího vzorce:

$$y_{i+1} = y_i + dt\alpha(x_i, y_i, dt),$$

kde $\alpha(x_i, y_i, dt)$ vyjadřuje průměrný sklon na intervalu $\langle x_i, x_{i+1} \rangle$:

$$\alpha(x_i, y_i, dt) = c_1k_1 + c_2k_2 + \dots + c_nk_n,$$

přičemž n vyjadřuje řád metody Runge-Kutta, c_i jsou konstanty a k_i jsou počítány pomocí rekurentních vzorců:

$$k_1 = f(x_i, y_i),$$

$$k_2 = f(x_i + p_2dt, y_i + a_{21}dtk_1),$$

$$k_3 = f(x_i + p_3dt, y_i + a_{31}dtk_1 + a_{32}dtk_2),$$

⋮

$$k_n = f(x_i + p_ndt, y_i + a_{n1}dtk_1 + a_{n2}dtk_2 + \dots + a_{n,n-1}dtk_{n-1}).$$

Obecně lze tedy metoda Runge-Kutta vyjádřit také takto:

$$y_{i+1} = y_i + dt \sum_{j=1}^n c_j k_j.$$

Pro zjednodušení bude odvozena metoda Runge-Kutta 2. řádu, jako první krok je nutné vyjádřit y_{i+1} pomocí Taylorova rozvoje:

$$y_{i+1} = y_i + dt y'_i + \frac{dt^2}{2} y''_i + R_3,$$

ve druhém kroku je nutné derivace vyjádřit pomocí funkce f s využitím řetězového pravidla:

$$y'_i = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x_i} = f(x_i, y_i) = f_i,$$

$$y''_i = \left. \frac{d^2y}{dx^2} \right|_{x_i} = \left. \frac{df}{dx} \right|_{x_i} = \left(\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dx} \right) \Big|_{x_i} = f_{x_i} + f_{y_i} f_i,$$

třetí krok spočívá v zanesení tohoto vyjádření derivací do Taylorova rozvoje, vzniká:

$$y_{i+1} = y_i + dt f_i + \frac{dt^2}{2} f_{x_i} + \frac{dt^2}{2} f_i f_{y_i} + R_3.$$

Vyjádření Runge-Kutta metody druhého řádu:

$$y_{i+1} = y_i + dt c_1 k_1 + dt c_2 k_2,$$

$$k_1 = f(x_i, y_i),$$

$$k_2 = f(x_i + p_2dt, y_i + a_{21}dtk_1),$$

a následné využití Taylorova rozvoje na k_2 dává:

$$k_2 = f(x_i + p_2dt, y_i + a_{21}dtk_1) = f_i + p_2 dt f_{x_i} + a_{21} dt f_{y_i} f_i + R_2,$$

proto:

$$y_{i+1} = y_i + dt f_i (c_1 + c_2) + dt^2 f_{x_i} (c_2 p_2) + dt^2 f_i f_{y_i} (c_2 a_{21}) + R_2.$$

Vzhledem k tomu, že tato rovnice vyjadřuje y_{i+1} stejně jako rovnice ze třetího kroku, musí si být rovny i odpovídající koeficienty, čímž vzniká soustava tří rovnic o čtyřech neznámých:

$$c_1 + c_2 = 1,$$

$$c_2 p_2 = 1/2,$$

$$c_2 a_{21} = 1/2.$$

V různých variacích metod Runge-Kutta se pak obvykle volí c_2 a zbylé proměnné jsou dopočteny.

(Rao, 2002, s. 655-657; Ralston, 1978, s. 226)

Runge-Kutta druhého řádu, $k = 2$ pro Runge-Kutta třetího a čtvrtého řádu atd.), existuje vždy několik užívaných variant pro stejný řád metody, ty se liší především vahou připisovanou jednotlivým dopočítaným bodům v intervalu. (Rao, 2002, s. 656-659)

Runge-Kutta druhého řádu vypočítává změnu jako aritmetický průměr toku spočítaného pro počátek časového kroku a toku na konci časového kroku. Pro výpočet toku na konci časového kroku je přitom dopočítán stav pomocí první spočítané změny, tedy Eulerovou metodou (Yamaguchi, 2000, s. 63). Tento přístup připisující stejnou váhu počátečnímu i koncovému bodu odpovídá Heunově variantě metody (Rao, 2002, s. 658):

$$Tok_{(1)} = Tok_{T_0}(Stav_{T_0}), \quad (3.12)$$

$$Tok_{(2)} = Tok_{T_0+dt} \left(Stav_{T_0} + Tok_{(1)} \frac{dt}{2} \right), \quad (3.13)$$

$$Stav_{T_0+dt} = Stav_{T_0} + (Tok_{(2)})dt. \quad (3.14)$$

Runge-Kutta čtvrtého řádu využívá pro aproximaci hodnoty integrálu čtyři body (a odpovídající hodnoty toků v těchto bodech) – dva krajní a dva uprostřed intervalu. Přisouzené váhy, tak jak jsou běžně používány pro modely systémové dynamiky, představují Rungeho variantu metody (Rao, 2002, s. 659; Yamaguchi, 2000, s. 65):

$$Tok_{(1)} = Tok_{T_0}(Stav_{T_0}), \quad (3.15)$$

$$Tok_{(2)} = Tok_{T_0+\frac{dt}{2}} \left(Stav_{T_0} + Tok_{(1)} \frac{dt}{2} \right), \quad (3.16)$$

$$Tok_{(3)} = Tok_{T_0+\frac{dt}{2}} \left(Stav_{T_0} + Tok_{(2)} \frac{dt}{2} \right), \quad (3.17)$$

$$Tok_{(4)} = Tok_{T_0+dt}(Stav_{T_0} + Tok_{(3)}dt), \quad (3.18)$$

$$Stav_{T_0+dt} = Stav_{T_0} + dt \frac{(Tok_{(1)} + 2Tok_{(2)} + 2Tok_{(3)} + Tok_{(4)})}{6}. \quad (3.19)$$

Simulační software Vensim (Ventana Systems, 2010, s. 215) navíc umožňuje volbu RK2Auto a RK4Auto, které postupně půlí zvolený časový krok, dokud zpřesnění tímto půlením nedosáhne zvolenou míru přesnosti (změna způsobená půlením dt ku hodnotě před tímto půlením).

Metody Runge-Kutta v porovnání s Eulerovou metodou obvykle dosahují vyšší přesnosti výpočtů. Sterman (2000, s. 909-910) však upozorňuje na problémy, které

mohou vzniknout dopočítáváním bodů uvnitř intervalu v situaci, kdy je součástí modelu diskrétní proměnná. V takovém případě je výhodnější použít Eulerovu metodu.

Volba časového kroku dt závisí mimo jiné na požadované přesnosti. Je nutné si uvědomit, že nepřesnosti vznikají i zaokrouhlováním v rámci výpočtu, a další zmenšení dt už proto nemusí mít vliv na zvýšení přesnosti výsledků. (Sterman, 2000, s. 907-908)

Coyle (1996) uvádí dvě hraniční hodnoty, které by neměla hodnota dt přesáhnout. Jedná se o parametry funkcí, které mění hodnotu v nějaký definovaný čas (například změna parametru v $t=0,75$ představuje nutnost $dt \leq 0,25$) a parametry zpoždění, pro které navrhuje výpočet pomocí rovnice (3.20) (Coyle, 1996, s. 109):

$$dt \leq \frac{\text{minimální zpoždění v modelu}}{4 \cdot \text{řád zpoždění}}. \quad (3.20)$$

Řád zpoždění bude vysvětlen v kapitole 3.9.

3.9 Exponenciální růst a zpoždění

Již nejjednodušší struktury mohou generovat chování charakteristické pro úhel pohledu systémové dynamiky: nelineární chování a zpoždění zpětných vazeb. Nejjednodušší model se zpětnovazebnou smyčkou je pozitivní smyčka prvního řádu. Ta sestává z jedné stavové proměnné s a vstupního toku v , který je funkcí právě tohoto stavu (Sterman, 2000, s. 264-266; Bossel, 2007a, s. 18-20):

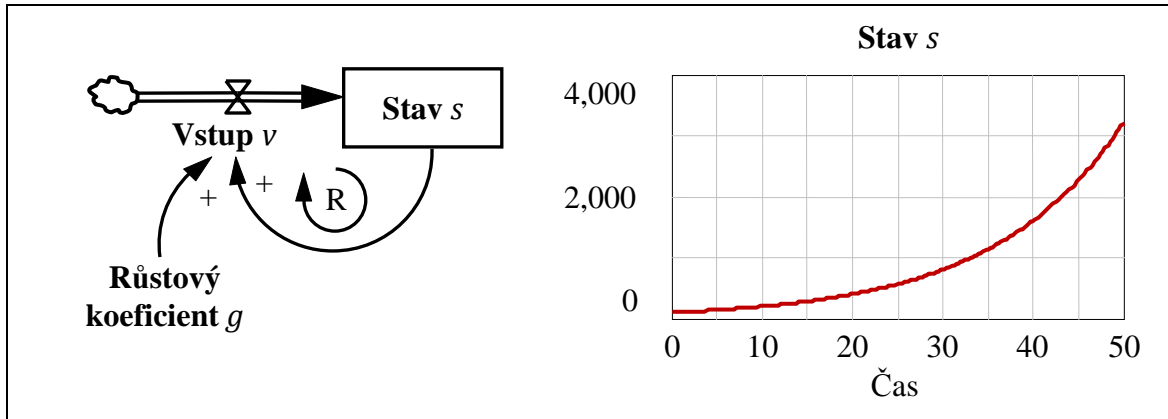
$$s_T = \int_{T_0}^T v dt + s_{T_0}, \quad (3.21)$$

$$v = f(s). \quad (3.22)$$

U lineárního systému je pak vstup v proporcionální k velikosti stavu s (růstový koeficient g):

$$v = gs. \quad (3.23)$$

Obrázek č. 3.7 ukazuje diagram stavů a toků pozitivní smyčky prvního řádu odpovídající vzorcům (3.21) – (3.23) a graf exponenciálního vývoje stavu s (například populace), pakliže $g = 0,07$ a $s_{T_0} = 100$.



Obr. č. 3.7: Pozitivní smyčka prvního řádu generující exponenciální růst

Lineární systémy prvního řádu je možné řešit analyticky⁹ (Sterman, 2000, s. 265-266; Bossel, 2007a, s. 19). Na analytickém řešení se pak zakládá tzv. pravidlo 70 (Meadows, 2008, s. 33; Sterman, 2000, s. 269): U exponenciálního růstu dává podíl sedmdesát děleno růstovým procentem přibližnou dobu, za kterou bude množství zdvojnásobeno. Např. při 10% růstu se množství zdvojnásobí přibližně za 7 časových jednotek.¹⁰ V případě negativní lineární smyčky prvního řádu je generovaným chováním exponenciální ubývání. To má obdobné analytické řešení jako pozitivní smyčka¹¹

⁹Například změna stavu pro lineární pozitivní smyčku prvního řádu (tzn. vstupní tok) je rovna:

$$\frac{ds}{dt} = gs.$$

Použitím metody separace proměnných:

$$\frac{ds}{s} = gdt.$$

Integrací obou stran rovnice dostává tvar:

$$\int \frac{ds}{s} = \int gdt.$$

Vyřešením integrálů:

$$\ln(s) = gt + c,$$

$$s = e^{gt+c},$$

$$s = e^c e^{gt}.$$

Vzhledem k tomu, že v čase $t=0$ je $e^{gt} = 1$, pak $e^c = s_{T_0}$:

$$s_t = s_{T_0} e^{gt}.$$

¹⁰ Výpočet doby, za kterou se při exponenciálním růstu zdvojnásobí množství stavu s (doubling time, t_D):

$$2s_{T_0} = s_{T_0} e^{gt_D},$$

$$2 = e^{gt_D},$$

$$\ln(2) = gt_D,$$

$$t_D = \frac{\ln(2)}{g},$$

$$t_D = \frac{0,6931}{g},$$

$$t_D \approx \frac{70}{100g}.$$

¹¹ Řešení negativní lineární smyčky prvního řádu:

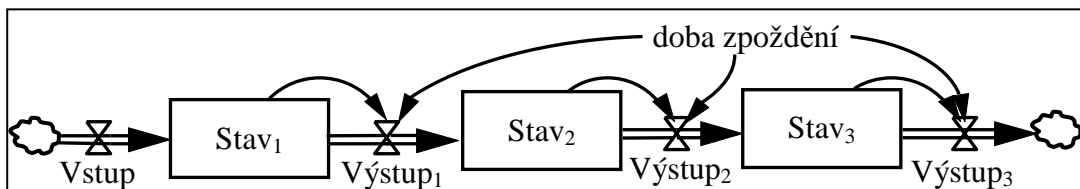
$$s_t = s_{T_0} e^{-gt}.$$

a pravidlo 70 určuje čas, za který množství klesne na polovinu (Sterman, 2000, s. 279-280).

Ve skutečnosti je většina stavových proměnných ovlivňována více uzavřenými smyčkami, negativními i pozitivními. Směr vývoje stavové proměnné je dán dominancí daného druhu smyček. Tato dominance se na základě dalších podmínek v čase mění a systém tak nemusí generovat exponenciální růst nebo ubývání, ale například S-křivku nebo oscilaci (Meadows, Randers a Meadows, 2004a, s. 158; Sterman, 2000, s. 427), ta však může být generována, pouze pokud některá negativní smyčka obsahuje zpoždění (Meadows, 2008, s. 54).

Zpoždění jsou součástí takřka všech modelů systémové dynamiky. Jejich základní rozdělení je na materiálová a informační, a přestože je možné modelovat je různými způsoby, obvykle se jedná o řetězení lineární smyčky prvního řádu (Sterman, 2000, s. 411-434; Bossel, 2007a, s. 68-69).

Materiálová zpoždění vyjadřují zpoždění výstupu oproti vstupu do stavové proměnné. Nemusí se však jednat pouze o fixní zpoždění (na principu FIFO), mnohem častěji je zpoždění distribuováno do časového úseku. To je možné modelovat právě řetězením negativních smyček¹². Řád zpoždění je pak opět roven počtu stavových proměnných v tomto zřetězení. Obrázek č. 3.8 ukazuje příklad materiálového zpoždění třetího řádu.

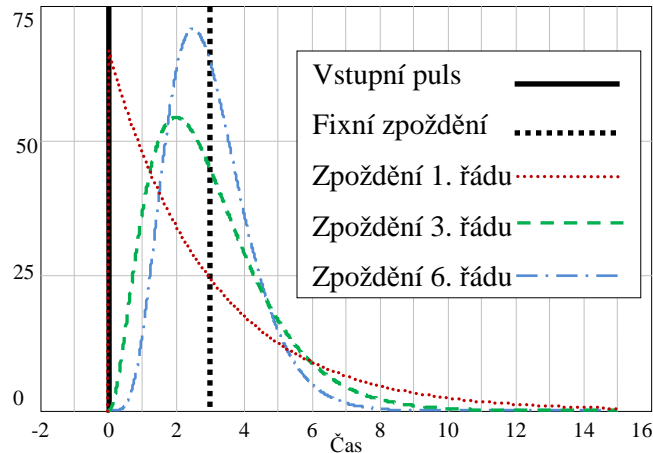


Obr. č. 3.8: Materiálové zpoždění 3. řádu ($Výstup_i = Stav_i / \text{doba zpoždění}$, $\text{doba zpoždění} = \text{průměrná doba zpoždění} / \text{řád zpoždění}$), podle Bossel (2007a) a Sterman (2000)

Zpoždění výstupu n -tého řádu odpovídá hustotě Erlangova rozdělení n -tého řádu s průměrem odpovídajícím průměrnému času zpoždění. V případě zpoždění prvního řádu a tedy Erlangova rozdělení prvního řádu je výstup shodný s rozdělením exponenciálním (Hamilton, 1976, s. 610-611). Čím je vyšší řád rozdělení, tím více se blíží zpoždění fixnímu (Sterman, 2000, s. 421).

¹² Při samotném modelování samozřejmě není nutné vytvářet zřetězené smyčky. Například Vensim (Ventana Systems, 2010, s. 62-63) má pro materiálové zpoždění funkce DELAY N (Vstupní tok, Čas zpoždění, Počáteční hodnota, Řád) pro zpoždění n -tého řádu a DELAY FIXED (Vstupní tok, Čas zpoždění, Počáteční hodnota) pro fixní zpoždění.

Na obrázku č. 3.9 je srovnání několika materiálových zpoždění různých řádů při vstupním pulsu¹³ v čase 0 a dobou zpoždění rovnou třem časovým jednotkám.



Obr. č. 3.9: Srovnání různých materiálových zpoždění
(průměrná doba zpoždění = 3)

Samotný odhad parametrů zpoždění je pak otázkou statistického testování. Je možné například využít metodu nejmenších čtverců pro odhad parametrů rozdělení vstupu mezi jednotlivé časové kroky (v tomto případě často dochází k problému multikolinearity), Koyckovu metodu (Koyck, 1954, s. 20-22) pro zpoždění prvního řádu (předpokládá geometrické rozdělení, diskrétní alternativu rozdělení exponenciálního), případně lze předpokládat Erlangovo rozdělení s dobou zpoždění a řádem n podle vzorců (3.24) a (3.25), pakliže m_i je počet jednotek vstupu, které se zdrží po dobu i časových jednotek (Hamilton, 1976, s. 611):

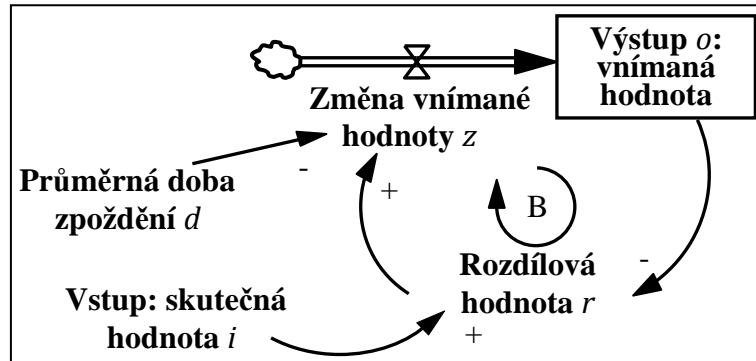
$$\text{průměrná doba zpoždění} = \frac{\sum_i i m_i}{\sum_i m_i} = \bar{x}, \quad (3.24)$$

$$n = \frac{\bar{x}^2}{s^2}. \quad (3.25)$$

Druhou kategorií zpoždění jsou **zpoždění informační**. Ta jsou využívána pro vyjádření postupného přizpůsobování se změně. Nemusí se jednat pouze o opožděnou reakci z důvodů pomalých informačních toků, může také vyjadřovat záměr nekompenzovat změnu jednorázově, ale po určitý časový interval. (Meadows, 2008, s. 53; Sterman, 2000, s. 428-435)

¹³ Puls je v systémové dynamice obvykle řešen pomocí násobků jednotkového pulsu, založeného na Diracově deltě $\delta(t)$. Puls je pak funkcí tří parametrů: počátečního času T_0 , dobu trvání D a výškou pulsu $1/D$. (Palm III, 2010, s. 129, Sterman, 2000, s. 413)

Jak je vidět z obrázku č. 3.10, informační zpoždění prvního řádu, jinak také nazývané adaptivní očekávání nebo exponenciální vyrovnání, je typická cíl-hledající smyčka (Bossel, 2007a, s. 22, Sterman, 2000, s. 428-429).



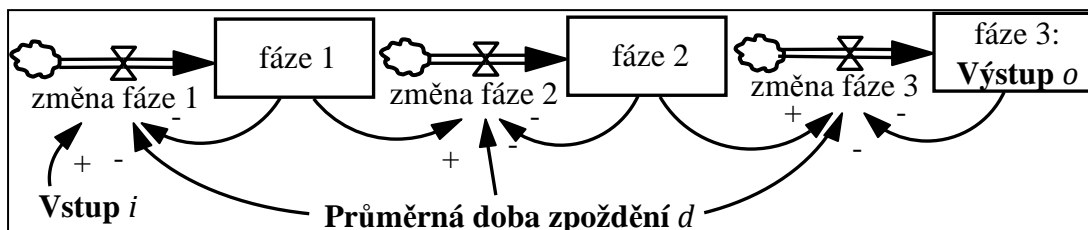
Obr. č. 3.10: Diagram stavů a toků informačního zpoždění prvního řádu, podle Sterman (2000, s. 428)

Výstupem o je stavová proměnná vyjadřující vnímanou hodnotu, postupně se přibližující skutečné hodnotě vstupu i . Vstupním tokem do o je změna vnímané hodnoty z , která je funkcí průměrné doby zpoždění d a rozdílu mezi vnímanou a skutečnou hodnotou (Bossel, 2007a, s. 22; Sterman, 2000, s. 428-429):

$$o_T = \int_{T_0}^T z dt + o_{T_0}, \quad (3.26)$$

$$z = \frac{r}{d} = \frac{i - o}{d}. \quad (3.27)$$

Stejně jako v případě materiálového zpoždění i informační zpoždění vyššího řádu vzniká zřetězením¹⁴ (Sterman, 2000, s. 432-435). Jak vypadá zřetězení v případě informačního zpoždění třetího řádu, vyjadřuje obrázek č. 3.11.

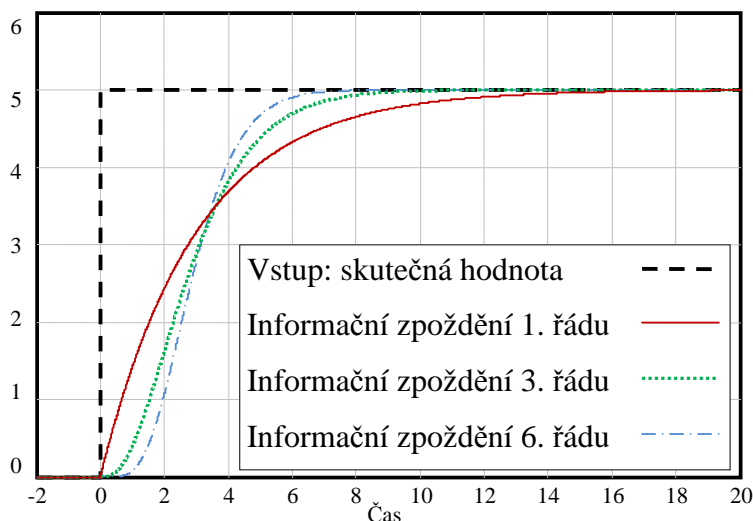


Obr. č. 3.11: Informační zpoždění 3. řádu (Změna fáze _{i} = (fáze _{i} - fáze _{$i-1$})/(d/řád), $i > 1$, Změna fáze₁ = (fáze₁ - i)/(d/řád)), podle Sterman (2000, s. 433)

Obrázek č. 3.12 porovnává informační zpoždění různých řádů při jednoduché změně vstupního toku i v čase $t=0$ z 0 na 5. Stejně jako v případě materiálového zpoždění

¹⁴ Opět není nutné takové zřetězení vytvářet, simulační SW obsahuje funkci pro informační zpoždění. Vensim (Ventana Systems, 2010, s. 67): SMOOTH N (Vstup, Doba zpoždění, Počáteční hodnota, Řád).

i u zpoždění informačního platí, že čím je řád vyšší, tím více se odezva zpoždění blíží zpoždění fixnímu (Sterman, 2000, s. 434).



Obr. č. 3.12: Srovnání různých informačních zpoždění (průměrná doba zpoždění = 3)

3.10 Optimalizace v modelech systémové dynamiky

Optimalizační algoritmy, které jsou využívány v modelech systémové dynamiky (tedy v soustavách diferenciálních rovnic), jsou obvykle z kategorie heuristik, které nezaručují optimální výsledek (Coyle, 1996, s. 240). První z možných využití je zřejmé – nalezení „optimální“ politiky (jako například v Coyle, 1985 s. 87-89 či Kleijnen, 1995, s. 283-286). Optimalizaci je však možné využít také k odhadu neznámých parametrů modelu tak, aby model generoval chování co nejbližší modelovanému systému (Dangerfield, Roberts, 1999, s. 275).

Simulační software Vensim umožňuje optimalizaci pomocí modifikovaného Powellova algoritmu¹⁵. Pro kalibraci modelu software používá účelovou (Vensim používá termín payoff) funkci. V každém časovém kroku je vypočten rozdíl mezi daty popisujícími

¹⁵ Vensim využívá modifikovaný algoritmus z Press et al. (2002, s. 412-420). Algoritmus postupuje následujícím způsobem (podle Press et al. (2002, s. 417):

1. Pro n proměnných jsou stanoveny počáteční vektory směru optimalizace jako jednotkové vektory $u_i = e_i, i = 1, \dots, n$.
Počáteční hodnoty proměnných jsou stanoveny jako p_0 .
Je stanovena ε minimální hodnota změny $f(p)$.
2. For $j = 1$ až n :
 Vektor p_i je stanoven podle $p_i = p_{i-1} + u_i \alpha_i$, kde α_i je takové, že $f(p_{i-1} + u_i \alpha_i)$ je minimální.
 Next j
 For $j = 1$ až $(n-1)$:
 $u_i = u_{i+1}$
 Next j

poznámka pokračuje na další stránce

reálný systém a hodnotou odpovídající proměnné, tato hodnota je vynásobena vahou (což má vliv především při vícekritériální optimalizaci) a umocněna na druhou. Výsledek je odečten on payoff funkce. Vzhledem k tomu, že payoff funkce je ze své podstaty záporná cílem je její maximalizace. (Ventana Systems, 2010, s. 247-254)

Optimalizace tedy může být v modelech systémové dynamiky využívána jako alternativa ke statistickým metodám, jako je například regresní analýza či test dobré shody. Stejně jako u těchto metod je však nutné si uvědomit, že ani optimalizace neznamená důkaz správnosti modelu a jeho parametrů (Dangerfield, Roberts, 1999, s. 288).

3.11 Systémové archetypy, ZOO a molekuly

Praxe systémové dynamiky ukázala, že existují dílčí struktury, které produkují typické chování a opakují se nezávisle na druhu modelovaného problému. Tyto struktury se nazývají systémové archetypy (Senge, 2009, s. 110-111; Meadows, 2008, s. 111-112).

Mezi často popisované archetypy patří například archetyp „Úspěch úspěšným“, který se vyskytuje v situacích, kdy o určitý omezený zdroj soutěží více subjektů a tento zdroj je zároveň příčinou konkurenční výhody. Obrázek č. 3.13 zobrazuje archetyp „Úspěch úspěšným“ v podobně příčinně smyčkového diagramu tak, jak je obvykle presentován (Senge, 2009, s. 401), následuje příklad převodu do diagramu stavů a toků a soustava rovnic.

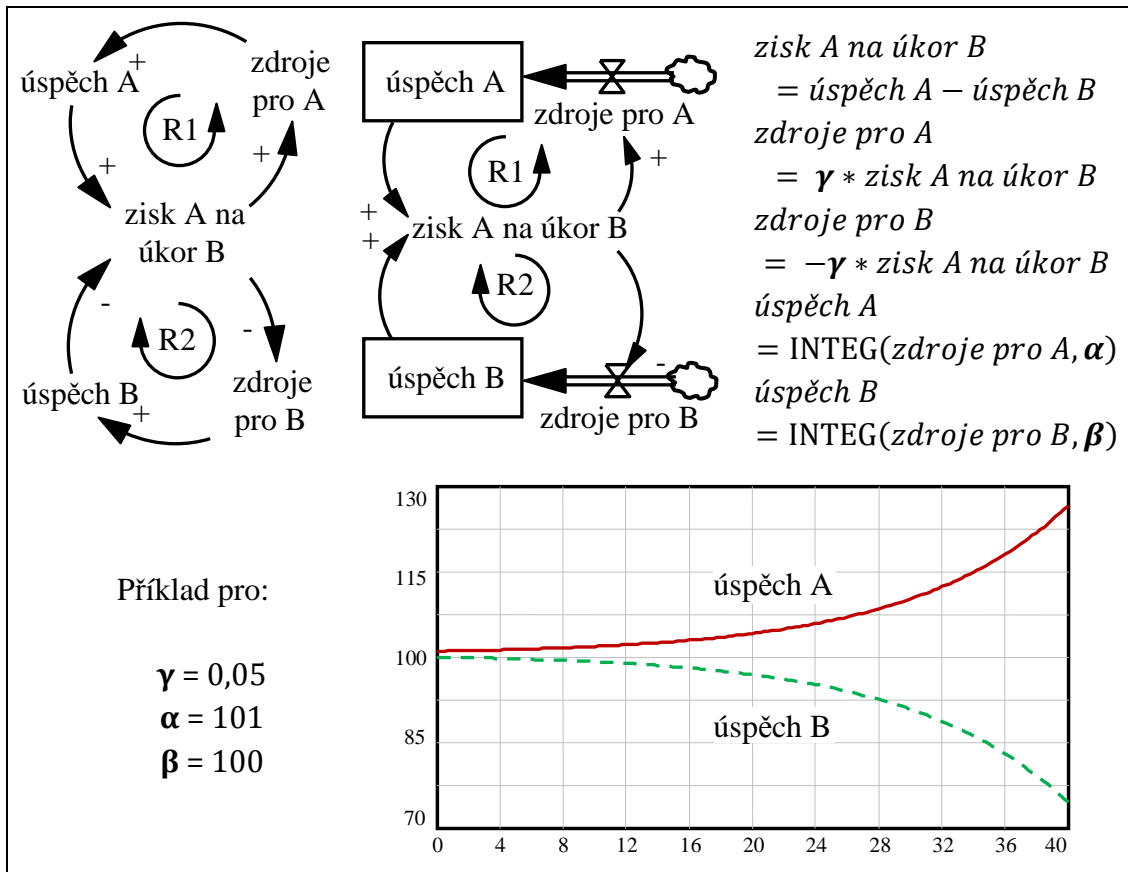
Tento systémový archetyp, obsahující dvě pozitivní smyčky, si lze představit na mnoha konkrétních příkladech, např. vyšší počet bodů z vědeckých článků přinese vyšší příjem vědeckému pracovišti a tím i vyšší počet bodů z vědeckých článků v následujícím období. Meadows (2008, s. 128) upozorňuje, že k tomuto archetypu se váže i jeho opak – neúspěch neúspěšným. Sama tak nepoužívá termín „systémové archetypy“, ale „systémové pasti a příležitosti“ (Meadows, 2008, s. 111, přel. autor).

Další archetypy jako například „Eskalace“, „Přesouvání břemene“, „Tragédie společného“, „Erodující cíle“ atp., vystihují další běžné situace a chování v nich viz Meadows (2008, s. 111-141) nebo Senge (2009, s. 393-406). Mimo jiné mezi archetypy patří tzv. archetyp „Meze růstu“ nazývaný podle Meadows *et al.* (1972).

$$\mathbf{u}_n = \mathbf{p}_n - \mathbf{p}_0$$

Nový vektor \mathbf{p}_0 je stanoven podle $\mathbf{p}_0 = \mathbf{p}_n + \mathbf{u}_n \alpha_n$, kde α_n je takové, že $f(\mathbf{p}_n + \mathbf{u}_n \alpha_n)$ je minimální.

Krok 2 je opakován dokud $\Delta f(\mathbf{p}) > \varepsilon$.



Obr. č. 3.13: Systémový archetyp „úspěch úspěšným“
 podle Senge (2009, s. 401) a Bourguet-Díaz a Peréz-Salazar (2003, s. 15)

Lyneis (1999, s. 42) upozorňuje, že přestože jsou archetypy užitečné pro výuku systémového myšlení, pro podporu strategického rozhodnutí se jedná o příliš zjednodušený pohled.

Systémové archetypy tedy představují struktury generující běžné chování. Jsou obvykle využívány pro vysvětlování chování a jsou vyjádřeny pomocí smyčkově příčinných diagramů. Naproti tomu molekuly nebo systémová ZOO jsou zaměřeny na detailnější diagramy stavů a toků a matematické vyjádření vztahů (Bossel, 2007a, 2007b, 2007c). Systémová ZOO tedy sdílí principy archetypů, ale je již zaměřena na kvantitativní analýzu a zahrnuje základní modelovací struktury modelovaných problémů včetně soustav diferenciálních rovnic. Obsahuje modely od nejjednodušších systémů prvního řádu, přes řetězce stárnutí (posloupnost stavových proměnných a toky zachycující postup mezi nimi) až po světové modely pro potřeby projektu „Meze růstu“ – značně složitější model než v podání stejně nazývaného systémového archetypu (Bossel, 2007c, s. 152-212).

3.12 Praxe systémové dynamiky

Forrester (1993, s. 11-12) přirovnává roli systémové dynamiky v řízení složitých systémů ke konstrukci letadel. Pracovník vzdělaný v systémové dynamice představuje designéra podniku, kterého je možné přirovnat k leteckému designérovi. Manažer pak při tomto srovnání představuje pilota. Sebelepší pilot (manažer) nedokáže řídit špatně navržené letadlo (organizaci).

Systémová dynamika nachází uplatnění v mnoha oblastech. V praxi byla úspěšně aplikovaná na dynamické problémy v sociálních, ekonomických či ekologických systémech, běžné jsou modely konfliktů, existují i modely šíření nemocí (například System Dynamics Society, 2011; Sterman, 2000; Coyle, 1996 nebo Bossel 2007a, 2007b, 2007c). S ohledem na dříve definovaný pojem dynamické komplexnosti mnohdy není možné řešený problém přesně kategorizovat pouze do jedné z těchto množin. Některé struktury systémové ZOO (Bossel, 2007a, s. 80-172) se také zaměřují na ryze fyzikální a technicko-konstrukční problémy.

Široké zaměření systémové dynamiky je patrné i z aktuálních publikací. Neustále je rozvíjena a obohacována obecná metodologie systémové dynamiky. Mojtahedzadeh (2011) navrhuje metodu k určení dominantních smyček v modelu, která na testovaných případech dosahuje lepších výsledků než využití vlastních vektorů a čísel. Kim a Andersen (2012) představují metodu zaměřenou na systematický převod kvalitativních dat na kauzální mapy (sami používají standardní diagram stavů a toků). Jejich motivací je především zvýšení důvěryhodnosti vytvořených modelových struktur (Kim, Andersen, 2012, s. 314). Rahmandad a Sterman (2012, s. 396-397) kritizují nedostatečnou datovou podporu publikovaných prací z oblasti systémové dynamiky. Zdůrazňují, že minimum autorů poskytuje spolu s výsledky i kompletní model včetně odvozených jednotek. Mnozí publikují pouze výsledky, neposkytují ani hlavní rovnice modelu. Doporučují také využití dokumentačního softwaru jako je například SDM-doc¹⁶ (Rahmandad, Sterman, 2012, s. 407).

Poslední tematické číslo System Dynamics Review (System Dynamics Society, 2012) bylo zaměřeno na přepravu. Fallah-Fini *et al.* (2010) optimalizují procesy údržby silnic. Součástí této práce je i model opotřebení silnic a chodníků, tedy vybraných druhů fixního kapitálu (Fallah-Fini *et al.*, 2010, s. 220-224). Další tematické číslo, jehož

¹⁶ Pomocí tohoto softwaru je vytvořena dokumentace dynamického modelu v této práci (v elektronických přílohách). Do verze 4.8.03 nebyl tento software kompatibilní s evropskými PC.

tématem je terorismus a povstalecká hnutí, je plánováno na rok 2013 (Anderson, Martinez-Moyano, 2011).

Jako téma je stále aktuální i medicína. V rámci tohoto tématu je pak možné vysledovat dva proudy. Prvním je „manažerské směřování“, kdy se autoři zaměřují především na politiky řízení organizací činných v této oblasti. Ať již se jedná o analýzu trhu pro soukromé farmaceutické firmy (Paich, Peck a Valant, 2011) či hledání vhodných politik pro zvládnání pandemie (Hamarat, Kwakkel a Pruyt, 2012). Druhý proud pak představuje aplikaci systémové dynamiky na fyziologické a biologické problémy. Šusta a Bízík (2011) prezentují model chování mozku při depresi a posttraumatické stresové poruše. Wood *et al.* (2012) představují systémový přístup k analýze vícenásobné sklerózy.

Ekologie, energetika a udržitelnost jsou pro systémovou dynamiku typické již od Meadows *et al.* (1972). Heyder *et al.* (2012) zkoumají politiky pro města a regiony, které mohou vést k omezení klimatických změn. Pro propojení takto sestavených lokálních politik pak plánují kombinaci systémové dynamiky a multiagentní simulace (Heyder *et al.*, 2012, s. 15). Schade (2012) prezentuje model biopaliv, který byl aplikován na řadu evropských energetických projektů. Na několika scénářích ukazuje důležitost prosazení biopaliv druhé generace pro omezení produkce emisí a celkový podíl biopaliv na energetické spotřebě (Schade, 2012, s. 23).

Ústředním tématem systémové dynamiky zůstává ekonomie a řízení podniků. Babío (2011) sestavil model kvalifikační struktury poradenských firem. Na tomto modelu ukazuje pokles konkurenceschopnosti podniků již při relativně nízkém snížení investic do školení zaměstnanců. Z hlediska konkurenceschopnosti se také ukazuje jako nevýhodné upravovat zaměstnaneckou strukturu okamžitě podle aktuální situace na trhu (Babío, 2011, s. 301-309). Rahmandad a Sibdari (2012) zkoumají vhodné politiky v různých situacích na softwarovém trhu. Základem těchto politik je především včasné využití vhodných sebesilujících smyček (Rahmandad a Sibdari, 2012, s. 217- 223). Jako současné představitele makroekonomické analýzy prostřednictvím systémové dynamiky lze uvést například Yamashita (2011). Model prefektury Schizuoka využívá kromě jiného standardy SNA 93 pro klasifikaci odvětví a odvození spotřeby vlády (Yamashita, 2011, s. 4-7). Yamaguchi (2012) zkoumá monetární stabilitu na zjednodušeném makroekonomickém modelu. Autor vychází ze svého komplexního modelu, pro tuto analýzu však ponechává některé proměnné (například investice) jako exogenní (Yamaguchi, 2012, s. 5-7). Torres, Lechón a Soto (2012) pomocí modelu systémové dynamiky vysvětlují multiplikační efekt podpory porodnosti. Porodnost

v modelu reaguje velmi citlivě na navýšení její podpory, model simuluje i dopad navýšení státních výdajů a s tím souvisejícího zdanění na životní úroveň obyvatel (Torres, Lechón a Soto, 2012, s. 12-13).

V polovině osmdesátých let dvacátého století mohl Clauset (1985, s. 124) ve svém šetření výuky systémové dynamiky zkoumat pouze vysokoškolské kurzy a to především v rámci postgraduálního studia. Postupně se však výuka systémové dynamiky úspěšně dostala i na střední školy (Davidsen, Bjurklo a Wikström, 1993, Ossimitz, 2000) a jsou provozovány i kurzy Creative Learning Exchange (2013) pro tzv. K-12, tedy již pro děti v mateřské škole¹⁷.

Asi nejznámějším (ale i nejkritizovanějším) modelem systémové dynamiky je projekt „Meze růstu“ (Meadows *et al.*, 1972, Meadows, Randers a Meadows, 2004a). Římský klub založený na popud Aurelia Peccei si vzal za cíl zmapovat možnosti dalšího vývoje lidského druhu. K tomuto účelu byly vyvíjeny modely WORLD1 – WORLD3-03¹⁸. Model zachycoval mnoho ekonomických, sociálních a environmentálních proměnných, přesto (jak autoři sami mnohokrát zdůraznili) se jedná o velice zjednodušený model tak komplexního systému, jakým svět je. Autoři také zdůrazňují, že se jedná o simulační model založený na jejich mentálním modelu světa.

Na základě sestavené struktury a při zachování současných politik model generoval zhroucení systému (v podobě radikálního úbytku obyvatelstva a kvality života). Testováním možných (pravděpodobně uskutečnitelných) politik pak členové Římského klubu dospěli k požadavku na tzv. stav globální rovnováhy (Meadows *et al.*, 1972, s. 156-184). Stav globální rovnováhy je mnohdy chybně interpretován jako nulový růst. Ve skutečnosti jde však o požadavek růstu opodstatněného, odpovídajícího možnostem planety země, lidstva a vědeckého pokroku, dnes tomuto požadavku nejlépe odpovídá termín udržitelnost či udržitelný rozvoj (Meadows, Randers a Meadows, 2004a, s. 254-263).

Mnoho kritik původního modelu bylo zapracováno do modelu nového (Meadows, Randers a Meadows, 2004a, s. 203-206), častým problémem však bylo neporozumění

¹⁷ K-12 je zkratka „kindergarten through twelfth grade“, tedy od školky až po 12. stupeň, což ve vzdělávacím systému USA a Kanady představuje rozsah od mateřské školy až po středoškolské vzdělání.

¹⁸ První model WORLD1 byl navržen J. W. Forresterem během letu z Bostonu do Říma (Coyle, 1996, s. 307), WORLD2 je jeho rozpracovaná verze detailně popsána v Forrester (1971b), WORLD3 je model použit pro Meadows *et al.* (1972) a WORLD3-03 byl sestaven pro potřeby Meadows, Randers a Meadows (2004a), zohledňuje některé kritiky a celá práce je v mnohem větší míře zaměřena na vysvětlení záměru modelu tak, aby nebyl desinterpretován, jak se často dělo s původním modelem ze sedmdesátých let.

cíli celého projektu (z počátku byl problém s interpretací modelu i ostatním členům Římského klubu (Meadows a Meadows, 2007, s. 193)). Model neměl za cíl stanovit, kdy ke zhroucení dojde, ale jestli k němu může dojít a identifikovat alespoň některé způsoby, jak tomuto nežádoucímu vývoji předejít, či jak jej zásadně oddálit.

Vzhledem ke složitosti problému byla presentovaná časová osa pouze orientační. Kalman (1979, s. 14) model kritizuje především z důvodu nerobustnosti. Habr a Vepřek (1986, s. 187-188) kritizují užití analogie elektroniky na ekonomii, navíc o systémové dynamice tvrdí (především na základě znalosti Meadows *et al.* (1972)), že vazba systémové dynamiky na řízení byla přidána až dodatečně, což je zcela v rozporu již s její původní definicí a využitím (Forrester, 1961, s. 13).

Z uvedených důvodů také autoři Mezí růstu celý model popsali a poskytli dalším analytikům. Vermeulen a de Jongh (1977) podrobili celý model citlivostní analýze a našli mnoho parametrů, u nichž již 1% změna měla vliv na výsledky simulace. Sami však připouští, že změna výsledků mnohdy neznamenala změnu chování, pouze oddalovala bod zvratu, což v tomto případě nepředstavuje zásadní změnu výsledků. Zároveň tyto změny často znamenaly rozdílný vývoj i před rokem 1970, srovnání s historickými časovými řadami však bylo jednou z kontrol správnosti původního modelu (Meadows *et al.*, 1972, s. 124-125). Vermeulenův a de Jonghův článek, který je důležitým východiskem Kalmanovi (1979) či Habrovi a Vepřekovi (1986) kritiky, tak spíše obohacuje původní model a upozorňuje na nová místa pro dosažení pákového efektu. Citlivostní analýza by dnes měla být běžnou součástí simulace v rámci systémové dynamiky (Sterman, 2000, s. 883-887; Kleijnen, 1995, s. 275), robustnost je zásadním kritériem kvality každého modelu sestaveného na principech systémové dynamiky (Sterman, 2000, s. 869-870, Coyle, 1996, s. 6).

Vůči prediktivním modelům skeptický Smil (2005, s. 168-169) kritizuje Meze růstu (především původní model ze 70. let) zejména z důvodů obtížné kvantifikace mnoha proměnných a agregace neobnovitelných zdrojů a znečištění. Proměnná „neobnovitelné zdroje“ obsahuje jak omezené, ale lehce nahraditelné zdroje (kam Smil řadí například ropu), tak zdroje, kterých jsou obrovské zásoby, ale jsou v podstatě nenahraditelné (například fosfáty). Proměnná „znečištění“ pak obsahuje krátkodobé zátěže v podobě atmosférických plynů i zátěže dlouhodobé, jako je například radioaktivní odpad. Zároveň však tvrdí, že ani podrobnější model by pravděpodobně nedosáhl lepších výsledků a to především z důvodů neexistence dostatečných kvantitativních údajů. Přestože má Smil v mnoha ohledech pravdu, opět porovnává prediktivní matematické

modely zaměřené na odhad množství surovin, a model systémové dynamiky, který vyjadřuje měkké a agregované proměnné především poměrově a je zaměřený na odhad chování a vysvětlení jeho příčin. Ve skutečnosti Smilovu skepsi vůči matematickým modelům pokoušejícím se o dlouhodobé předpovědi hodnot parametrů v komplexních dynamických systémech sdělejí i autoři Mezí růstu (Meadows, Randers a Meadows, 2004a, s. 130-141).

V ČR systémovou dynamiku využívá například T-Mobile, DYNBYL, Hartmann-Rico, 1. Lékařská fakulta Univerzity Karlovy, město Vsetín nebo Armáda ČR. Obvykle se jedná o manažerské simulátory, simulátory chování trhu, simulátory na podporu plánování personalistiky a/nebo analýzy cashflow. (Mildeová *et al.*, 2006, s. 72-76; Vojtko a Mildeová, 2007, s. 86-87; Proverbs, 2011a)

Autoři známých bankrotních a bonitně-bankrotních indexů IN95 či IN05 představují kombinaci systémové dynamiky a balanced scorecard (Neumaierová a Neumaier, 2005). Cílem simulace tedy není vyhodnocení vývoje pouze jednoho ukazatele (např. cash flow), ale využívá vícefaktorového pohledu na příčiny úspěchu a dosahování cílů. Jak podotýkají Kaplan a Norton (1996, s. 75), autoři metody balanced scorecard, nejedná se o náhradu finančních ukazatelů; balanced scorecard je jejich doplňkem, který pomáhá zohlednit dlouhodobou perspektivu. Neumaierová a Neumaier (2008, s. 6) vysvětlují úspěch jednoduchých indexů IN oproti pyramidovému ukazateli INFA, z něž jejich pojetí dynamické balanced scorecard vychází, nesystémovým pohledem rozhodovatelů na podnik. Že však jde o do praxe se prosazující metodu, naznačuje i nabídka jejího zavádění (Proverbs, 2011b).

Na základě celoživotních zkušeností v oblasti systémové dynamiky sestavila Meadows (2008, s. 145-165) žebříček míst pro pákový efekt. Sama připouští, že pořadí vlivu není pevné a předložený seznam považuje za pracovní a především jako inspiraci a námět pro diskusi. Může se lišit problém od problému. Zároveň je také zřejmé, že čím je pákový efekt větší, tím je často náročnější na něj zapůsobit. Autorka navíc dodává, že znalost místa pro pákový efekt mnohdy vyústí v působení na správné místo, ale v opačném směru, než by bylo potřeba. Je patrný postupný přesun od fyzické struktury k informačním a řídicím částem systému, autorka již neupozorňuje na přesun od objektu k subjektu zkoumání v nejvyšších příčkách tohoto žebříčku:

- 1) Čísla – konstanty, parametry. Přestože absolutní většina pozornosti věnované změnám se týká konstant a parametrů, jejich vliv na skutečnou změnu chování

systému s nezměněnou strukturou je obvykle nepatrný. Extrémním přirovnáním, které Meadows uvádí, je změna počtu židli na palubě Titaniku.

- 2) Velikost stavové proměnné v poměru k jeho tokům – v mnoha oborech tzv. nárazník (buffer). Velikost stavových proměnných (např. zásoby na skladě) má vliv na stabilitu systému, ale v opačném směru i na jeho flexibilitu.
- 3) Struktura stavů a toků – fyzické uspořádání systému. Silniční síť směřována do hlavního města produkuje centralizované znečištění. Fyzická struktura je zásadní pro chování systému, ale její změna je často nejdělsí a nejnáročnější ze všech možných. Někdy je dokonce nemožná, proto je na tak nízkém místě v žebříčku.
- 4) Zpoždění – vztah zpoždění reakce v poměru k rychlosti změn v systému. Zpoždění způsobují oscilaci okolo cíle. Čím větší zpoždění, tím větší oscilace. Meadows uvádí jako příklad veliké centrálně plánované ekonomiky jako například Sovětský svaz nebo General Motors¹⁹. V případě, že se v systému vyskytuje nějaké omezení, nemusí být výsledným chováním oscilace, ale nenávratné poškození nebo kolaps. Příliš krátké zpoždění však může způsobovat nežádoucí přehnanou reakci.
- 5) Vyvažující zpětnovazebné smyčky. Problém spočívá především v odstraňování nápravných vazeb, které někdy zůstávají nevyužité po dlouhý čas, ale mají v systému „sebe-opravující“ funkci. Pákového efektu je v tomto případě obvykle dosahováno již zabráněním rušení takovýchto vazeb. Jako příklad je uváděno zpoplatnění znečištění nebo právo na informace.
- 6) Zesilující zpětnovazebné smyčky. Jsou zdroji růstu, ale i vyčerpání a kolapsu, nekontrolované zesilující vazby mohou vést k nežádoucímu chování systému („úspěch úspěšným“ je archetypem, kde je toto patrné) – cílená redukce růstu (která je efektivnější než vyvažující smyčka) však bývá velice těžko prosaditelná.
- 7) Informační vazby. Mnohdy chybí informační zpětná vazba, která by uzavřela důležitou smyčku. Příkladem je výstavba domů poblíž Amsterdamu, v některých byl měřič spotřeby elektřiny ve sklepě, v jiných byly měřiče v předsíni. Domácnosti, které bydlely v domě s dobře dostupným měřičem, měly o 30 % nižší spotřebu elektrické energie.
- 8) Pravidla – stimuly, tresty, omezení. Fotbalové mužstvo má 11 hráčů. President je volen na čtyři roky a maximálně na dvě období. Pravidla v podstatě ovlivňují předchozí tři body. Zcela zásadní je otázka: kdo pravidla určuje a ovlivňuje?
- 9) Sebe-organizace – síla měnit, rozvíjet strukturu systému. Schopnost mnoha systémů (netýká se fyziky a jejích zákonů, ale spíše sociálních systémů, trhu, atp.) tato schopnost v důsledku vede ke změně pravidel – opět má tedy vliv na nižší místa pro pákový efekt.
- 10) Cíle – funkce nebo účel systému. Je však obtížné určit skutečný cíl (i pro prvky systému) – co je cílem korporací? Ve smyslu tohoto žebříčku je maximalizace zisku pravidlo (tedy bod 8) – nutná podmínka přežití. Zároveň je zde již dříve zmíněné nebezpečí měření dosahování cíle, špatně zvolené jednotky mohou definovat zcela jiný cíl, než bylo původně zamýšleno.
- 11) Paradigmata – z čeho systém (a tedy definice předchozích bodů) vychází. Sdílená idea, často ani nemusí být formulovaná – růst je dobrý, homo sapiens je vrchol

¹⁹ Přestože byla citovaná publikace vydána roku 2008, autorka zemřela v roce 2001 a většina textu byla napsána již v 90. letech dvacátého století, tedy mnoho let před krizí této firmy v první dekádě 21. století.

evoluce, existuje posmrtný život (existence tohoto paradigmatu ve starověku vedla například ke stavbě pyramid), země není centrem vesmíru, hmota a energie jsou proměnitelné.

- 12) Překročení paradigmat. Jde o uvědomění si, že pohled na svět je složen z různých paradigmat, která dávají (někdy zdánlivou) jistotu.

4 Fixní kapitál

4.1 Problémy měření kapitálu

Kapitál a jeho měření je dlouhodobě předmětem vědeckého zkoumání. Měření či odhadování jeho hodnoty se setkává s mnoha problémy. Na teoretické rovině byly vedeny spory jak hodnotu kapitálu vyjádřit, na úrovni praktické je pak mnoho reálných překážek pro aplikaci nějaké univerzální mezinárodní metody pro jeho měření.

Již Pigou (1935, s. 235) poukazuje na zásadní rozdíly mezi ekonomickými principy a podnikovou praxí. Hodnota kapitálu v podnikovém účetnictví je v tzv. historických cenách, tedy součtem cen aktiv z různých období, bez využití přecenění (to je běžně pro účely účetnictví zakázáno), navíc účetní odpisy jsou počítány na základě zákona, tedy konvence, která nemusí reflektovat skutečnou životnost aktiv a způsob odepisování běžně alespoň částečně závisí na rozhodnutí majitele aktiv (Pakes a Griliches, 1984, s. 254; Hulten a Wykoff, 1996, s. 11).

Přístupy k měření hodnoty kapitálu nejsou jednotné ani v rámci makroekonomické teorie. Naopak měření hodnoty kapitálu je jádrem tzv. Cambridgeského sporu²⁰ (Robinson, 1953-1954; Sraffa, 1960), který je zaměřen mimo jiné na kritiku produkční funkce podle vzorce (4.1), kde l práce a k je kapitál, (Robinson, 1953-1954, s. 81)

$$q = f(l, k). \quad (4.1)$$

Pro analytické účely obvykle není možné ani účelné vyjádřit kapitál seznamem fyzických jednotek. Využít ocenění práce nutné k jeho produkci je v podstatě nemožné, protože k výrobě jakéhokoli zboží není využívána čistá práce, ale další nástroje, další kapitál, navíc ani práce v člověkohodinách nemůže být pokládána za homogenní. Kapitál může být oceněn cenou jeho výroby, svou kupní cenou, nebo cenou produkce dosažené jeho použitím. Ačkoli každé z těchto ocenění má logické zdůvodnění, všechny způsoby se potýkají s technickými i teoretickými problémy – není možné sčítat kupní ceny nebo ceny výroby aktiv z různých období, kupní cenu nebo cenu výroby aktiva je nutné poměřit s kupní silou, k odhadu budoucích příjmů neexistují podklady a různá vyspělost jednotek a zemí, ale i odlišné pracovní postupy v nich, neumožňují srovnání prací oceněných aktiv (Robinson, 1953-1954, s. 82-86).

²⁰ The Cambridge (Capital) Controversy

Jak podotýkají Cohen a Harcourt (2003, s. 211-212), tato polemika nebyla zcela vyřešena, ale utichla především z důvodů úmrtí J. Robinson a P. Sraffa – hlavních představitelů Cambridgeské kritiky neoklasické produkční funkce.

4.2 Fixní kapitál z pohledu národních účtů, vymezení a měření fixního kapitálu

Z hlediska národních účtů představuje fixní kapitál nefinanční aktiva s dobou použitelnosti delší než jeden rok (nejedná se však o trvanlivost aktiva, ale o jeho opakované využívání alespoň po tuto dobu). Zatímco mezinárodní norma SNA 1993 (European Commission *et al.*, 1994, s. 283) ani její aktualizace SNA 2008 (European Commission *et al.*, 2009, s. 198-199) nestanovují přesnou cenovou hranici těchto aktiv, evropský standard ESA 1995, závazný i pro Českou republiku, stanovuje hranici 500 ECU ve stálých cenách roku 1995 (European Commission, 1996, s. 79).

Do položky fixních aktiv navíc nepatří půda nebo nerostné zdroje, ty spadají do kategorie nevyráběných aktiv (European Commission *et al.*, 2009, s. 212-216). Fixní aktiva jsou dělena do základních skupin (European Commission, 1996, s. 189-191):

Hmotná fixní aktiva

- Obydlí, zahrnující rodinné i bytové domy, byty v nebytových budovách atp.
- Ostatní budovy a stavby, které je možné dále rozdělit na nebytové budovy a tzv. ostatní stavby zahrnující silnice, kanalizace, přehrady atp.
- Stroje a zařízení, jež se dále dělí na dopravní prostředky a ostatní stroje a zařízení
- Pěstovaná aktiva, která jsou opět rozdělena na základní stádo a trvalé porosty

Nehmotná fixní aktiva

- Geologický průzkum, který nezahrnuje cenu objevených zdrojů
- Software
- Původní umělecká díla

Aktualizace standardů²¹ – SNA 2008 (European Commission *et al.*, 2009, s. 204-207) přináší rozdělení softwaru na počítačový software a databáze, požaduje vyčlenění informačních a komunikačních technologií v rámci kategorie stroje a zařízení. Navíc bude nově jako fixní kapitál počítána i destruktivní technika (která byla dosud zahrnována do mezipotřeby), speciálním aktivem bude i výzkum a vývoj.

Zavedení standardu SNA 1993 mělo za následek systematizaci stavů a toků v rámci národních účtů, z hlediska fixního kapitálu to pak představuje především zavedení toku

²¹ V současné době je dokončován standard ESA 2010.

tzv. ostatních změn (Moulton, 2004, s. 261). Fixní kapitál se v ekonomice vyskytuje hned v několika podobách. Představuje především dva základní toky a dva druhy stavů. Prvním tokem je jeho pořízování, investice do fixního kapitálu, respektive Hrubá Tvorba Fixního Kapitálu (HTFK)²², tento tok zahrnuje především nákup nových aktiv, nákup použitých aktiv (a současně prodej se záporným znaménkem), ale i bezplatná předání a zásadní opravy.

Dalším důležitým tokem je Spotřeba Fixního Kapitálu (SFK), která vyjadřuje opotřebenění fixních aktiv (a tedy pokles jejich hodnoty) během účetního období vlivem běžného používání, opotřebenění a zastarávání (Hulten a Wykoff, 1996, s. 11; OECD, 2009, s. 96)²³. SFK je nutná pro výpočet čistých ekonomických agregátů z odpovídajících hrubých (stavových i tokových) i pro výpočet produkce netržních subjektů, tedy sektoru vlády a neziskových organizací (Czech Statistical Office, 2002, s. 62).

Vedle HTFK a SFK obsahuje bilance fixních aktiv tok tzv. ostatních změn objemu aktiv, kam patří například změna klasifikace jednotek, škody způsobené katastrofami nebo nepředvídatelné zastarání (OECD 2009, s. 44-45). Právě šetření či správné modelování ostatních změn je v současné době vnímáno jako jedna z nejproblematičtějších oblastí sestavování bilancí fixního kapitálu (Ondruš, 2011, s. 3). Posledním tokem je zisk či ztráta z držby způsobený změnou ceny vlastněného aktiva. Nominální zisk či ztráta z držby g se vypočítá dle vzorce (4.2), kde p_0 a p_t jsou ceny v okamžicích 0 a t v množství q . Tzv. neutrální zisk z držby je získán použitím indexů reflektujících celkovou změnu cenové hladiny, reálný zisk z držby je pak rozdíl mezi nominálním a neutrálním ziskem z držby (European Commission, 1996, s. 173-175)

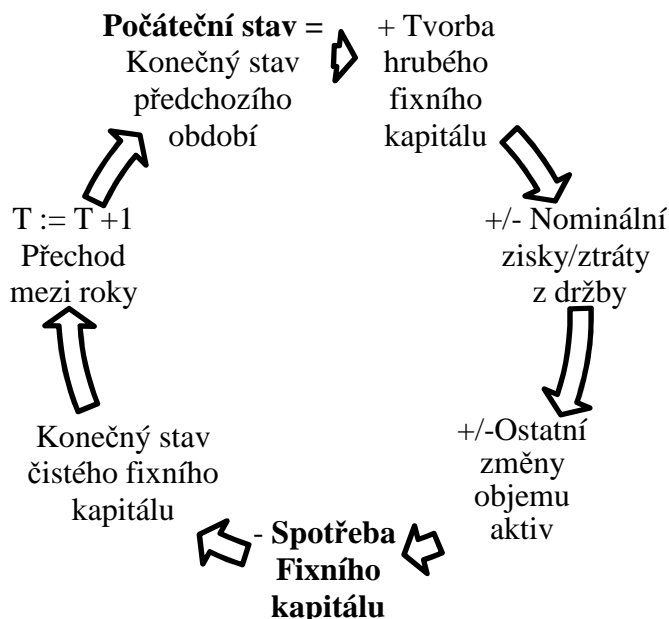
$$g = (p_t - p_0)q. \quad (4.2)$$

Stavy fixních aktiv jsou definovány jako zásoba aktiv, která přetrvala z minulých let, přeceněná na tržní ceny sledovaného období. Je možné rozlišit dva druhy stavů fixního kapitálu; hrubý a čistý stav. Zatímco hrubé stavy se snižují pouze fyzickou likvidací majetku, v čistých stavech je navíc zohledněno opotřebenění a zastarávání (tedy kumulovaná spotřeba fixního kapitálu), a tak by měl právě tento ukazatel vyjadřovat bohatství reprezentované fixním kapitálem (OECD, 2009, s. 38 a s. 56). Obrázek č. 4.1

²² Někdy se termín „Gross Fixed Capital Formation“ také překládá jako tvorba hrubého fixního kapitálu (THFK), např. Sixta (2007, s. 156).

²³ Jorgenson (1999, s. 2) a Hill a Hill (2003, s. 607) považují za počátek analýzy poklesu hodnoty aktiva z důvodů jeho využívání při výrobě již práci Hotellinga (1925).

vyjadřuje sestavování bilance fixního kapitálu se zohledněním všech zmíněných toků, zachycené stavy jsou tedy čisté.



Obr. č. 4.1: Schéma bilance fixního kapitálu, na základě European Commission (1996, s. 178) a Sixta (2007, s. 158)

Vzhledem k náročnosti oceňování veškerého fixního kapitálu, který je akumulován v ekonomice, je mezinárodně preferovaným způsobem výpočtu metoda nepřetržitě inventarizace neboli PIM (Perpetual Inventory Method), která je detailně vysvětlena v manuálu OECD (2009). Tato metoda je založena na šetření a dopočtech toku HTFK a ostatních změn a modelování ostatních procesů.

Mezinárodní standardy předkládají pravidla pro konstrukci modelu PIM, do jisté míry je však jeho konstrukce i šitá na míru místním podmínkám. Pro výpočty hrubých stavů fixního kapitálu je nutné modelovat tzv. vyřazovací funkci, která slouží pro výpočet části vyřazeného majetku z HTFK z každého předchozího roku (OECD, 2009, s. 114-118). Pomocí vyřazovací funkce je také rozdělena HTFK na části se stejnou životností, jejich hodnota je pak dle zvoleného profilu snižována (spotřebovávána) pro účely výpočtu čistých stavů fixních aktiv a SFK (Sixta, 2007, s. 159-162).

Pro model na základě požadavků OECD (2009) je k vytvoření vyřazovacích funkcí možné použít několik druhů rozdělení, respektive „vzorců zastarávání“ s preferencí zvonových funkcí, jako je například gama, Weibullovo, Winfreyovo nebo log-normální (což je případ ČSÚ (Czech Statistical Office, 2002, s. 228-229)). Vedle zmíněných druhů vyřazovacích funkcí je ještě možné využít další, ač více zkreslující varianty (OECD, 2009, s. 114). Lineární vyřazovací funkce spočívá ve snižování hodnoty

(vyřazení aktiv) hrubého stavu fixního kapitálu o stejnou část v každém roce, použít lze i její modifikaci se zpožděním, kdy k likvidaci aktiv dochází až po uplynutí určitého období. Poslední variantou je pak funkce jednorázového vyřazení (simultaneous exit), při využití této funkce zůstává po celou dobu průměrné životnosti aktiva celá hodnota investice součástí hrubého stavu fixního kapitálu, aktiva jsou vyřazována v celém svém objemu až po uplynutí této doby.

V českém prostředí byly pro vybrané druhy aktiv životnosti získávány šetřením, kdy byl v dotazníku ČSÚ (2002, s. 12) zjišťován již vyřazený majetek – jeho stáří, cena, druh. Druhou možnou cestou je dotazování se respondentů na odhadovanou životnost aktiva, jak to bylo provedeno například v Japonsku či Koreji (OECD, 2009, s. 108).

Dalším možným zdrojem těchto informací jsou daňové instituce, které životnosti také berou v úvahu, jako dobré vodítko mohou posloužit zahraniční šetření. V neposlední řadě poslouží jako užitečný zdroj informací experti na daný druh aktiv. Některým druhům majetku bez expertního posouzení ani nelze určit životnost jinak (například přehradu, nebo silnici). Převod životnosti aktiv na vyřazovací funkci je také mnohdy nemožné provést pomocí statistických metod, ale je nutné jej zvolit. (OECD, 2009, s. 110)

Schmalwasser a Schidlowski (2006, s. 1119-1120) připomínají, že životnosti aktiv je nutné průběžně aktualizovat. Navíc některé země předpokládají průběžný pokles životnosti aktiv, například ve Velké Británii předpokládají roční 1% pokles průměrné životnosti vybraných aktiv, ve Finsku pak pro stroje a zařízení pokles mezi 0,8 % a 1 % do roku 1989 a poloviční pokles pro následující období (OECD, 2009, s. 112). Obvykle se však nejedná o pokles průměrné životnosti všech aktiv daného druhu, ale pouze o pokles životnosti aktiv nově pořízených.

Vzorce (4.4) – (4.6) vycházejí ze Sixta (2009, s. 31-32), je v nich však zohledněn předpoklad maximální životnosti aktiv. Sixtův formalizovaný zápis předkládá výpočet stavů fixního kapitálu k počátku zkoumaného roku a počítá tak s HTFK z let $t-1$ a starších, zde uvedené rovnice poslouží k výpočtu stavů k 31.12 roku t . Rovnice (4.4) – (4.6) slouží pro výpočty základních ukazatelů z bilance fixních aktiv vytvářených na Českém statistickém úřadě pomocí PIM. Spotřeba je počítána lineárně, pokles hodnoty aktiva p po n letech je tedy vyjádřen rovnicí (4.3), kde τ je průměrná životnost aktiva a p_0 je pořizovací cena aktiva (OECD, 2009, s. 96):

$$\frac{p_n}{p_0} = 1 - \frac{n}{\tau}, n = 0, 1, \dots, \tau. \quad (4.3)$$

$HSFK_t$ představuje hrubý stav fixního kapitálu v čase t , $CSFK_t$ pak čistý stav, a_j je procento vyřazených aktiv z $HTFK$ staré j let spočítané z vyřazovací funkce, m je maximální životnost aktiv

$$HSFK_t = \sum_{i=0}^m \left(HTFK_{t-i} \sum_{j=i+1}^m a_j \right), \quad (4.4)$$

$$SFK_t = \sum_{i=0}^m \left(HTFK_{t-i} \sum_{j=i+1}^m \frac{a_j}{j} \right), \quad (4.5)$$

$$CSFK_t = \sum_{i=0}^m \left(HTFK_{t-i} \sum_{j=i+1}^m \frac{j - (i + 1)}{j} a_j \right). \quad (4.6)$$

Pro umožnění součtu kapitálu z různých období musí být před začátkem $HTFK$ vždy přeceněna na ceny základního roku. Lineární způsob výpočtu SFK je spolu s profilem geometrického rozdělení nejvyužívanějším; geometrická spotřeba však obvykle více odpovídá empirickým studiím (Diewert, 2005, s. 539). Poklesu hodnoty z počáteční p_0 na p_n aktiva starého n let pomocí geometrické funkce spotřeby je vyjádřen pomocí vzorce, kde δ je míra spotřeby (OECD, 2009, s. 97):

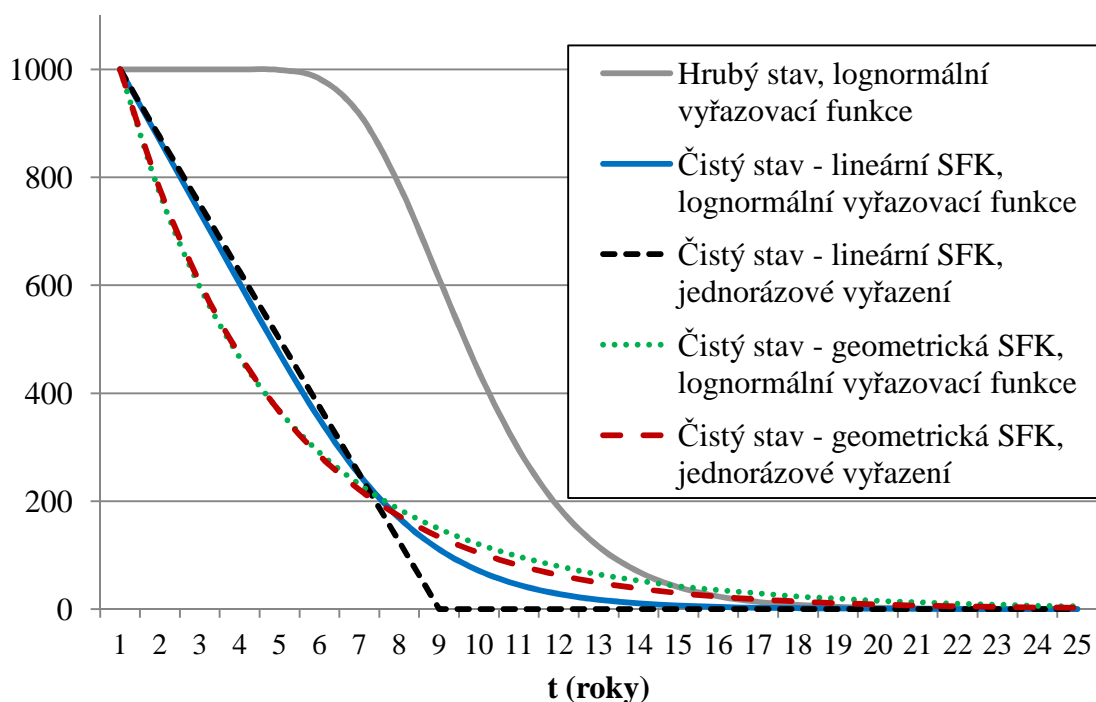
$$\frac{p_n}{p_0} = (1 - \delta)^n, n = 0, 1, \dots \quad (4.7)$$

Přes svou oblíbenost je však geometrické rozdělení kritizováno hned z několika důvodů. Tento profil nikdy nevede k nulové hodnotě aktiva, pro mnoho aktiv navíc představuje tento způsob výpočtu spotřeby příliš rychlý pokles hodnoty. Navíc empirické podklady pro toto rozdělení obvykle vycházejí ze šetření na trhu s použitými aktivy, taková aktiva však nejsou reprezentativní, protože se jedná o aktiva prodávaná z důvodu nepotřebnosti či potřeby získat rychle finanční prostředky, jejich cena je tedy podhodnocena (Hulten a Wykoff, 1996, s. 17-18).

Jorgenson (2000, s. 86-87) předkládá výčet a srovnání empirických studií profilů poklesu hodnoty fixního kapitálu. Ve výsledcích šetření výdajů na obnovu kapitálu sice ve většině případů vychází geometrická spotřeba, dle odvětví však mohou vycházet i lineární profil či tzv. „one-hoss-shay“, fungující obdobně jako funkce jednorázového

vyřazení, tedy hodnota neklesá až do vyřazení aktiva (zde je již nutné zohlednit i kapitálové služby – viz dále). Šetření průběhu spotřeby fixního kapitálu na základě cen za pronájem aktiv lze pak podrobit podobné kritice jako prodej použitých aktiv (navíc i zde je nutné zohlednit kapitálové služby, tedy nejedná se pouze o spotřebu fixního kapitálu, ale i o výnosy z něj).

Diewert (2005, s. 504) při srovnání 12 modelů SFK a kapitálových sužeb využívá pouze funkci jednorázového vyřazení. Obrázek 4.2 srovnává různé odepisování v kombinaci s různými vyřazovacími funkcemi pro hypotetický příklad s investicí 1 mld. Kč v roce $t=0$, kde koupené aktivum má životnost 8 let a směrodatná odchylka této životnosti je rovna 3 rokům. Je zřejmé, že kombinace zvonové funkce a lineárního způsobu odepisování vede k podobnému chování jako geometrický způsob odpisování, ovšem s pomalejším poklesem v počátečních letech. Na tento jev upozorňuje již U.S. Bureau of Economic Analysis (OECD, 2001, s. 64).



Obr. č. 4.2: Srovnání průběhu hrubého a čistého stavu fixního kapitálu (mil. Kč)

Obecně je doporučováno stanovit míru spotřeby δ z rovnice (4.7) na základě empirických dat. V případě, že tato data neexistují, je možné míru spotřeby odvodit na základě průměrné životnosti aktiva. Toto odvození je založeno na dvou zjednodušujících předpokladech (Diewert, 2005, s. 516):

- 1) Do daného druhu aktiv je každoročně investována právě jedna peněžní jednotka (ve stálých cenách základního roku).
- 2) Oba profily spotřeby kapitálu jsou v této situaci pro vyjádření dlouhodobého rovnovážného stavu aktiv správné.

Hodnota dlouhodobého rovnovážného čistého stavu aktiv je pak vyjádřena vzorcem (4.8) pro případ lineárního profilu spotřeby:

$$1 + \frac{\tau - 1}{\tau} + \frac{\tau - 2}{\tau} + \dots + \frac{2}{\tau} + \frac{1}{\tau} = \frac{\tau(\tau + 1)}{2\tau} = \frac{\tau + 1}{2}, \quad (4.8)$$

a vzorcem (4.9) v případě geometrické spotřeby:

$$1 + (1 - \delta) + (1 - \delta)^2 + \dots = \frac{1}{\delta}. \quad (4.9)$$

Rovnice (4.10) vede k odvození míry spotřeby δ Diewert (2005, s. 516)²⁴:

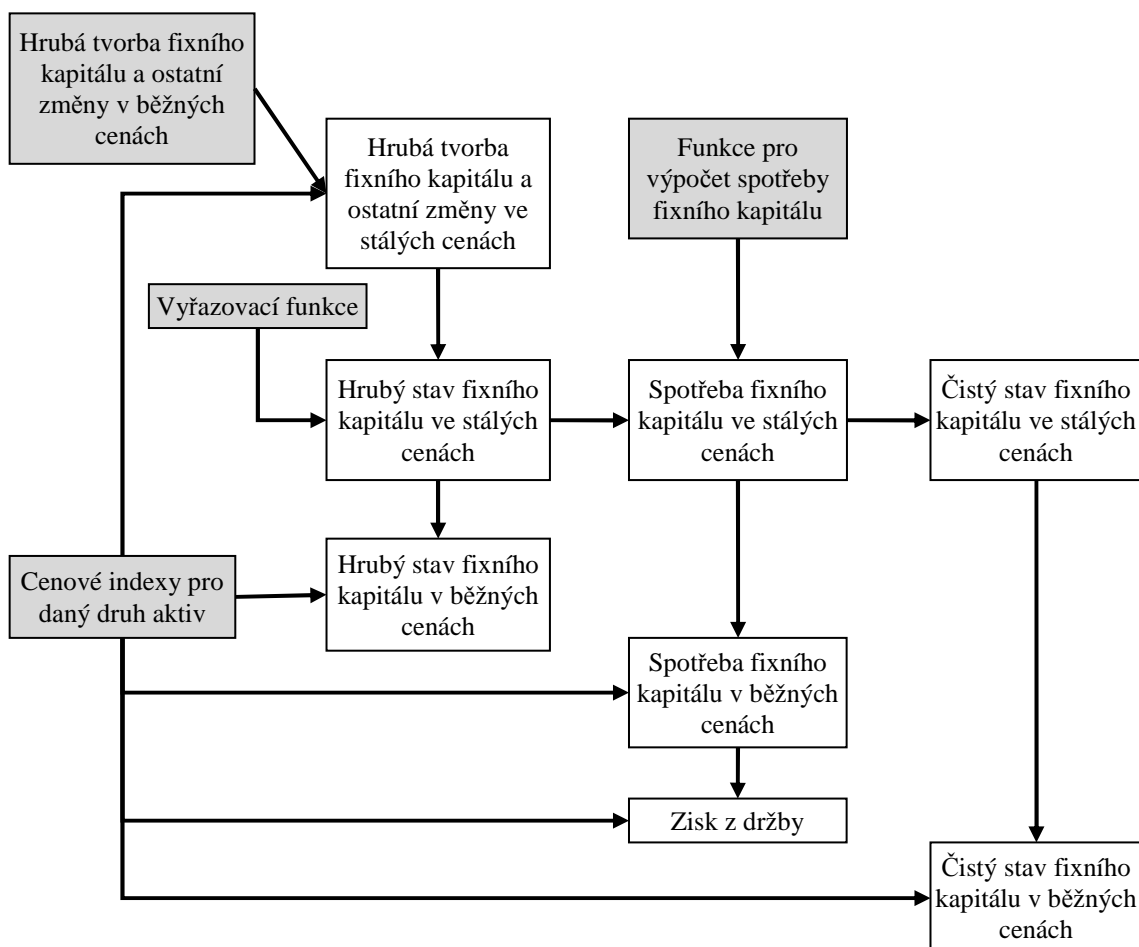
$$\delta = \frac{2}{\tau + 1}. \quad (4.10)$$

Výstupy (a tedy nutně i vstupní údaje) z české varianty modelu PIM jsou tříděny dle druhu aktiv, odvětví, ve kterém jsou používána, institucionálního subsektoru a roku (Czech Statistical Office, 2002, s. 222-231; Ondruš, 2011, s. 3-4). Obrázek 4.3 vychází z manuálu OECD (2009), zachycuje základní principy a vazby mezi proměnnými v metodě PIM, šedě vyznačené proměnné jsou získány statistickým šetřením či analýzou jiných datových zdrojů (např. výroční zprávy atp.) nebo v případě vyřazovací funkce sestaveny na základě šetření či expertních odhadů, zbylé údaje jsou dopočítány.

Vedle této formy metody PIM je ještě využívána alternativa počítající přímo hodnotu čistých stavů. Celá metoda vychází z odhadu budoucích diskontovaných výnosů z fixních aktiv a má teoretické základy v Jorgenson (1963). Její nevýhoda spočívá právě v odhadu míry výnosu aktiv, na druhou stranu je tento přístup základem pro výpočet kapitálových služeb skládajících se z výnosů kapitálu a jeho spotřeby (Triplett, 1996, s. 97-100). Pionýrskou prací v rámci České republiky je v tomto ohledu Sixta (2009), který volí jako základní míru výnosu 3 % a lineární pokles efektivnosti aktiva. Pro

²⁴ Čítatel ve vzorci (4.9) může nabývat (a na základě empirických dat často nabývá) různých hodnot (Hulten a Wykoff, 1996, s. 16, OECD, 2009, s. 97). Tyto empirické výsledky však také podléhají již zmíněné kritice geometrické funkce spotřeby.

netržní výrobce Sixta testuje i 5% míru výnosu, která by pro rok 2006 vedla k navýšení HDP o téměř 190 mld. Kč (Sixta, 2009, s. 105-106).



Obr. č. 4.3: Proměnné a jejich vazby v metodě PIM,
na základě OECD (2009, s. 24-27)

Pro úplnost je nutné dodat, že fixní kapitál není jedinou z položek tzv. nefinančního kapitálu. Podstatnými kategoriemi nefinančních aktiv jsou také zásoby (materiál, suroviny, nedokončené výrobky, obchodní zboží), již zmíněná nevyroběná aktiva (půda, podzemní zdroje, vodí zdroje, goodwill...) a cennosti (drahé kameny, starožitnosti...) pořizované primárně z důvodů uchování hodnoty (viz například European Commission *et al.*, 2009, s. 41-42).

4.3 Investiční funkce

Investiční funkce i je v makroekonomické literatuře běžně interpretována pomocí vzorce (4.11):

$$i = f(r - \pi), \quad (4.11)$$

kde r představuje nominální úrokovou míru, π očekávanou míru inflace. Tento vzorec ve své podstatě vychází z čisté současné hodnoty investice, kdy se dá předpokládat, že firmy nebudou realizovat investice s nevýhodnou diskontovanou čistou současnou hodnotou. Turnovsky (2000, s. 25)

Tato jednoduchá rovnice může být rozšířena na tzv. neoklasickou investiční funkci (4.12), kde k je kapitál a y je reálný důchod (Turnovsky, 2000, s. 25):

$$i = f(r - \pi, k, y). \quad (4.12)$$

Východiskem pro neoklasickou investiční funkci je především Jorgenson (1963). V Jorgensonově práci jsou celkové investice i_t v období t rozděleny na obnovovací investice i_t^r zaměřené na údržbu již existujícího kapitálu a investice do nových projektů i_t^e (rovnice (4.13)). U obnovovacích investic se předpokládá, že jsou proporcionální δ k současnému stavu kapitálu k_t (4.14), v terminologii kapitoly 4.2 je tedy δ logicky proporcionálně stanovená míra spotřeby kapitálu, která logicky zároveň vyjadřuje míru obnovy kapitálu (Jorgenson, 1963, s. 250-251):

$$i_t = i_t^e + i_t^r, \quad (4.13)$$

$$i_t^r = \delta k_t. \quad (4.14)$$

Rovnice (4.15) vyjadřuje investice do nových projektů jako funkci rozloženého zpoždění $\omega(l)$ počátků nových projektů i_t^n ; ω_τ představují část nových (rozšiřujících) projektů dokončenou za dobu τ (Jorgenson, 1963, s. 250):

$$i_t^e = \sum_{\tau}^{\infty} \omega_{\tau} i_{t-\tau}^n = \omega(l) i_t^n. \quad (4.15)$$

Dále Jorgenson (1963, s. 250) předpokládá, že nové investiční projekty jsou zahajovány v takové míře, aby pokryly rozdíl mezi současným k_t a požadovaným stavem kapitálu k_t^* (rovnice (4.16))

$$i_t^n = k_t^* - [k_t + (1 - \omega_0) i_{t-1}^n + \dots] = \omega(l) [k_t^* - k_{t-1}^*]. \quad (4.16)$$

Chybí již pouze vyjádření požadovaného stavu kapitálu k_t^* , který se za předpokladu Cobb-Douglasovy produkční funkce a kapitálovou elasticitou produktu γ spočítá pomocí (4.17) (Jorgenson, 1963, s. 249):

$$k^* = \gamma \frac{pq}{c}. \quad (4.17)$$

Kde p je cena produktu, q jeho množství a c jsou uživatelské náklady („jednotkové uživatelské náklady“, které vyjadřují cenu kapitálových služeb plynoucích z aktiva užívaného jeho majitelem, jsou používány jako synonymum pro „cenu kapitálových služeb“ (OECD, 2009, s. 232)), získané dle rovnice (4.18). V této rovnici p představuje cenu kapitálu, u je míra přímého zdanění, r je úroková míra, v je část na obnovu kapitálu (δ je míra obnovy, viz výše) uplatnitelná proti dani z příjmu a w část úroků, které jsou uplatnitelné proti dani z příjmu

$$c = p \left[\frac{1 - uv}{1 - u} \delta + \frac{1 - uw}{1 - u} r \right]. \quad (4.18)$$

Investiční rozhodování je dáno současným tlakem na výnosy firmy, ale je zároveň historicky podmíněno (Vickers, 1992, s. 452-453). Mnoho autorů navrhuje různé investiční funkce, vyjadřující závislost na minulosti, mnohdy se jejich modely liší právě časovou strukturou investičního procesu (funkce zpoždění). Původní Koyckova (1954, s. 20-22) investiční funkce, která předpokládá geometrické rozdělení vah ve funkci zpoždění, je dále rozpracována a zobecněna. Z této práce a Kleinova (1958) obecného (Klein řeší obecný model rozděleného zpoždění – distributed lag) rozšíření o statistické odhady parametrů funkce zpoždění vychází Solow (1960), ten modeluje zpoždění pomocí Pascalova rozdělení, které může ve speciálních případech aproximovat Poissonovo, normální či gama rozdělení (Solow, 1960, s. 394-395). Ještě obecnější přístup k modelování zpoždění navrhuje Jorgenson (1966), jím navržené racionální funkce rozděleného zpoždění slouží k aproximaci složitých rozdělení pomocí podílu polynomů.

Jorgenson, Hunter a Nadiri (1970) srovnávali několik ekonometrických modelů čtvrtletního investičního chování. Tyto ekonometrické modely byly navíc srovnány s klasickým autoregresním modelem a očekávanými investicemi získanými spolu s podkladovými daty ve statistickém šetření. Každý model byl párově porovnán a vyhodnocen podle počtu odvětví, pro které předpovídal lépe než ostatní. Jenom Jorgenson-Stephensonův model vycházející z Jorgenson (1963) předpovídal investiční chování lépe než autoregresní model a Eisnerův model, který využívá jako nezávislé proměnné příjmy, prodeje z minulých let a rozlišuje čistá a hrubá fixní aktiva (Eisner, 1960, s. 3-4), dosahoval přibližně stejných výsledků jako autoregresní model

(Jorgenson, Hunter a Nadiri, 1970, s. 206-209). Je třeba si však uvědomit, že zkoumané modely se snaží „překlenout mezeru mezi ekonomickou teorií a ekonometrií“ (Jorgenson, 1963, s. 247, přel. autor), hledají vysvětlující proměnné. Tuto funkci autoregresní model neplní. Žádný ze zkoumaných modelů nepředpovídal investiční chování lépe než šetřením získaná očekávání investorů (Jorgenson, Hunter a Nadiri, 1970, s. 208).

Chirinko (1993) předkládá kritický přehled modelů investic do fixního kapitálu. Nesrovnává tyto modely na základě úspěšnosti predikce, ale především z praktického hlediska a nesouladu s ekonomickou teorií a praxí. Vedle studií založených na již zmíněných modelech řadí do skupiny modelů s explicitně definovanou dynamikou také skupinu založenou na Tobinově q . Tobinovo q je poměrem tržní hodnoty aktiv a jejich reprodukční hodnoty (Tobin, 1969). Již samotné východisko těchto modelů, výpočet Tobinova q , je spojeno s mnoha problémy. Čítatel, tržní cena aktiv, je obtížně zjistitelný; jmenovatel, reprodukční hodnota aktiv modelovaná obvykle pomocí PIM s lineárním profilem spotřeby kapitálu, je v případě velkých strukturálních změn zkreslený neúměrně pomalou spotřebou fixních aktiv (Chirinko, 1993, s. 1888-1889).

4.4 Fixní kapitál a systémová dynamika

Fixní kapitál je součástí mnoha modelů firem i národních ekonomik. Sterman (2000, s. 675-682) představuje obecnou (a zjednodušenou) modelovací strukturu pro řízení stavu (zásoby nějakého zdroje), která je aplikovatelná na různorodé oblasti (od pití alkoholu přes chov dobytka až po kapitálové investice).

Již první významná práce z oblasti systémové dynamiky (Forrester, 1961) obsahuje doporučení pro investiční politiky pro jednu firmu. Při simulování městské dynamiky modeluje Forrester (1969, s. 170-189) bytovou výstavbu pomocí řetězce stárnutí (konkrétně se jedná o zřetězení tří materiálových zpoždění prvního řádu), kde každá stavová proměnná představuje jinou kvalitu obydlí.

V Mezích růstu (Meadows, Randers a Meadows, 2004b) je vyřazování kapitálu modelováno pomocí materiálového zpoždění prvního řádu. Při základní simulaci je využita průměrná životnost 14 let.

Wang a Ma (1987, s. 3-4) pak pomocí struktury řetězce stárnutí modelují stárnutí fixního kapitálu v rámci dynamického modelu velkých čínských měst. Využívají čtyři stavové proměnné reprezentující věkové kohorty tohoto kapitálu, model klade důraz na

obnovu výrobních kapacit a modernizaci vedoucí k vyšší produktivitě (tedy na zvyšování poměru prvních dvou stavových proměnných ku druhým dvěma).

Model sociálního a tržního obydlí byl využit pro plánování městské obnovy v Haaglandenu, regionu na západě Nizozemí (Eskinasi, Rouwette a Vennix, 2009, s. 189-191).

Běžně je pro vyřazování majetku používáno materiální zpoždění prvního řádu. Zpoždění n -tého řádu generuje chování podle Erlangova rozdělení n -tého řádu. Zpoždění prvního řádu, proto generuje exponenciální rozpad/ubývání. (Sterman, 2000, s. 416-417; Hamilton, 1976, s. 611)

Jedním z možných způsobů modelování vývoje čistého stavu fixního kapitálu (a SFK) je geometrické rozdělení (OECD, 2009, s. 96-97), což je diskretní alternativa exponenciálního rozdělení. Proto je materiálové zpoždění prvního řádu možné použít pro modelování chování čistého stavu fixního kapitálu.

Zpoždění vyšších řádů, a tedy Erlangovo rozdělení vyšších řádů, pak spadají mezi tzv. zvonové funkce. Konkrétně se jedná o speciální typ gama rozdělení (s diskretním tvarovým parametrem), které je jedním z doporučených pro vyřazovací funkci (OECD, 2009, s. 118) a v praxi nachází uplatnění například v Německu (Schmalwasser, Schidlowski, 2006, s. 1115), je tedy vhodné pro modelování vývoje hrubého stavu fixního kapitálu.

Senge (1978) srovnává neoklasickou a systémově dynamickou investiční funkci, vychází přitom z uzavřeného modelu národní ekonomiky SDNM (System Dynamics National Model), který byl vytvořen System Dynamics Group tak, že generuje odpovídající chování (inlace, stagflace, růst...) bez využití exogenně zadaných časových řad (Forrester, 1987b, s. 141-142). Senge (1978, s. 64-71) dokazuje, že při jistých omezeních, respektive zjednodušujících předpokladech (požadovaná zásoba se rovná skutečné, nesplněné zakázky se rovnají požadovaným nesplněným zakázkám, konstantní využití kapacit atp.), generuje systémově dynamický model investic právě neoklasickou investiční funkci. Celý projekt SDNM trval přibližně 15 let (Forrester, 1989a, s. 3)

Yamaguchi (2006, s. 8-9) v rozsáhlém makroekonomickém modelu založeném na propojení dílčích makroekonomických modelů definuje investice jako funkci rozdílu mezi skutečným a požadovaným množstvím kapitálu. Přičemž požadovaný kapitál je odvozen ze spotřební daně, úrokové míry, míry spotřeby a požadované produkce. V duchu tradice systémové dynamiky však tento rozdíl nepředstavuje přímo objem

investic, ale je dělen proměnnou „čas pro úpravu kapitálu“, využívá tedy informační zpoždění prvního řádu.

J. D. Sterman upozorňuje v úvodu Forresterova článku (1987c, s. 44-45), že na rozdíl od ekonometrických modelů systémově dynamické modely běžně předpokládají nerovnováhu. Na rozdíl od mnoha neoklasických autorů ekonometrických modelů tak v dynamických modelech nezaměňují požadované stavy kapitálu a investice se skutečnými zjištěnými ze statistických šetření. Ač tento přístup výrazně ztěžuje sběr dat (a mnohdy vede k nutnosti měkkých proměnných, viz kapitola 3.5 této práce), modelování určité míry iracionality odpovídá lidskému chování lépe než předpoklad rovnováhy.

5 Alternativní PIM

Tato kapitola byla publikována v Krejčí, Sixta (2012), pouze analýza dopadu na netržní subjekty (kapitola 5.5) v Krejčí, Švasta (2012).

5.1 Fixní kapitál jako Markovský řetězec

Věk aktiv lze také definovat jako jednotlivé stavy, mezi kterými fixní kapitál přechází. Do jakého stavu bude odpovídající část investované HTFK patřit na konci roku n , závisí pouze na tom, ve kterém stavu byla na konci roku $n-1$ (jeden krok trvá právě jeden rok) a pravděpodobnosti přechodu mezi těmito stavy. Jinými slovy, zachycený proces má tzv. Markovskou vlastnost, kterou lze vyjádřit také formou rovnice (5.1) (Tijms, 2003, s. 83):

$$P\{X_{n+1} = i_{n+1} | X_0 = i_0, \dots, X_n = i_n\} = P\{X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n\}. \quad (5.1)$$

PIM převedená na Markovský řetězec podle Krejčí (2010) je inspirována tzv. modelem obnovy (Borokov, 2003, s. 111-113; Tijms, 2003, s. 336; Van der Duyn Schouten, Vanneste, 1990, s. 262-263). Ve své základní podobě se model obnovy zabývá pravděpodobnostmi selhání (obvykle fixního počtu) homogenních jednotek a s tím spojeným odhadem jejich nutné obnovy a analýzou životnosti těchto jednotek.

Fixní kapitál je pro potřeby PIM a bilancí tříděn ze čtyř hledisek: čas, druh aktiva (aktuálně 10 základních druhů), institucionální subsektor (5 institucionálních sektorů rozdělených na 13 základních subsektorů), odvětví (pro potřeby statistiky národních účtů 120). Přes takto detailní třídění v žádném případě nelze vytvořené skupiny aktiv považovat za homogenní. Srovnatelnost je však dána samotným cílem modelování – aktiva nejsou vyjádřena ve fyzických jednotkách lišících se mnoha vlastnostmi, ale v jejich peněžní hodnotě.

Důležitým rozdílem oproti prostému modelu obnovy je skutečnost, že vyřazená aktiva nejsou automaticky nahrazována stejnými (nahrazení vyřazeného aktiva není modelováno přechodem ze stavu i do počátečního stavu 0). Namísto tohoto je využito tzv. absorpčního stavu, kde je hodnota vyřazených aktiv akumulována, a hodnota nových aktiv je zjištěna statistickým šetřením (HTFK).

Matice přechodů \mathbf{P} , obsahující podmíněné pravděpodobnosti přechodu mezi jednotlivými stavy, má $m+1$ řádků a sloupců (kde m je maximální životnost aktiva

v letech, která je dána délkou vyřazovací funkce, plus již zmíněný absorpční stav). V každém řádku jsou pouze dva nenulové prvky, jejichž součet je roven jedné. Prvním z nich je podmíněná pravděpodobnost, že jednotka selže v n -tém období (neboli pravděpodobnost, že jednotka přežije po n letech do stavu $m+1$ „vyřazená“):

$$p_{n,m+1} = \frac{a_n}{b_{n-1}}, \quad (5.2)$$

a podmíněná pravděpodobnost, že jednotka (hodnota) přežije do období $n+1$

$$p_{n,n+1} = \frac{b_n}{b_{n-1}}. \quad (5.3)$$

Proměnná a_n ve vzorci (5.2) je pravděpodobnost selhání jednotky v n -tém období, je získána z vyřazovací funkce a představuje průměrnou část hodnoty majetku, která je vyřazena v průběhu n -tého období od jejího vstupu (pořízení investice). Stejná proměnná je využívána ve vzorcích (4.4) – (4.6). Pravděpodobnost dožití konce n -tého období b_n v rovnicích (5.2) a (5.3) vyjadřuje průměrnou část hodnoty majetku, která bude součástí hrubého stavu i na konci n -tého období od roku provedené investice. Vztah mezi a_n a b_n je shodný jako v modelu obnovy a je popsán rovnicí (5.4)

$$b_{i-1} - b_i = a_i, i = 1, \dots, m-1, b_0 = 1, b_{m-1} = a_m. \quad (5.4)$$

Hrubý stav fixního kapitálu je pro potřeby tohoto modelu vyjádřen pomocí vektoru, kde je hodnota tohoto ukazatel rozdělena do věkových skupin. V rovnici (5.5) je $hsfk_t$ vektor zbývajících HTFK z období $t-m+1$ až $t-1$, která je stále součástí stavu hrubého fixního kapitálu v roce t v cenách základního roku. Vektor $hsfk_t$ se liší od předchozího vektoru tím, že na místě původně nulového prvního prvku je HTFK z období t ve stálých cenách. Vzhledem k tomu, že $m+1$ prvek je hodnota vyřazeného majetku, hrubý stav fixního kapitálu (HSFK) je suma prvních m prvků vektoru $hsfk_t$

$$hsfk_t^T = hsfk_{t-1}^T P. \quad (5.5)$$

Lineární metoda výpočtu SFK pak vede k převodu rovnice (4.5) na rovnici (5.6) a pro čistý stav kapitálu (CSFK) je rovnice (4.6) převedena na (5.7). Kde $hsfk_t(j)$ je j -tý prvek vektoru $hsfk_t$

$$SFK_t = \sum_{j=1}^m \sum_{i=j}^m \frac{hsfk_t(j) \frac{a_i}{\sum_{k=j}^m a_k}}{i}, \quad (5.6)$$

$$CSFK_t = HSFK_t - \sum_{j=1}^m j \sum_{i=j}^m \frac{hsfk_t(j) \frac{a_i}{\sum_{k=j}^m a_k}}{i}. \quad (5.7)$$

Pro geometrický profil není možné aplikovat shodný přístup jako v rovnicích (5.6) a (5.7) a vypočítat spotřebu a čisté stavy přímo z hrubého stavu. Nejdříve je pomocí (5.8) a (5.9) nutné sestavit matici přechodů pro výpočet čistých stavů ${}_k\mathbf{P}$, pravděpodobnost vyřazení hodnoty z čistého stavu fixního kapitálu ${}_k a_n$ je získána z geometrického profilu SFK (4.7) dle rovnice (5.10). Koeficient h vyjadřuje, že při využití log-normální vyřazovací funkce navíc musí být každá investice rozdělena dle a_i na m částí (m pro některé nebytové budovy přesahuje i 200 let) tak, aby bylo možné pro každou část určit míru spotřeby ${}_h\delta$:

$${}_h p_{n,m+1} = \frac{{}_h a_n}{{}_h b_{n-1}}, n = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, m, \quad (5.8)$$

$${}_h p_{n,n+1} = \frac{{}_h b_n}{{}_h b_{n-1}}, n = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, m, \quad (5.9)$$

$${}_h a_n = (1 - {}_h\delta)^n, n = 0, 1, \dots, m; h = 1, 2, \dots, m. \quad (5.10)$$

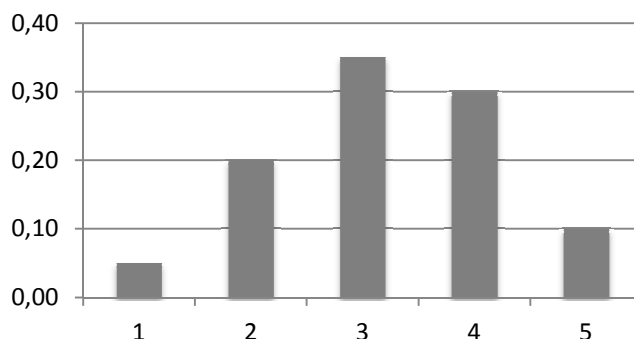
Využití principů modelu obnovy pro sestavení výpočetního modelu PIM jednak představuje alternativu při prezentaci modelu PIM, navíc vektorové vyjádření představuje odhad věkové struktury aktiv. V případě nutnosti změny průměrné životnosti pro celou skupinu aktiv (například z důvodů zásadní technologické změny), je možné zachytit tento jev pomocí tzv. časově nehomogenního Markovského řetězce, který pracuje s proměnlivou \mathbf{P} (Borokov, 2003, s. 178-179).

Srovnání přístupů na příkladu

Nechť je dána časová řada HTFK fiktivního druhu aktiv ve stálých cenách (tabulka 5.1), lineární profil SFK a vyřazovací funkce pro tato aktiva (obrázek 5.1). Obrázek 5.1 vyjadřuje závislost pravděpodobnosti vyřazení aktiva (vertikální osa) na jeho věku, jinak řečeno rozdělení investice v jednom roce na skupiny dle životnosti.

Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
HTFK	100	110	90	80	90	110	120

Tab. č. 5.1: Příklad – časová řada HTFK v cenách základního roku (mil. Kč)



Obr. č. 5.1: Příklad – fiktivní vyřazovací funkce

Výpočet původním způsobem lze přehledně prezentovat pomocí tabulky 5.2, tak jak to dělá například Sixta (2007, s. 160-161). Sloupce pod jednotlivými roky představují HTFK daného roku rozdělenou pomocí vyřazovací funkce. Zvýrazněná pole zobrazuje části HTFK z předchozích let, které dosud (v tomto příkladu do roku 2010) nebyly vyřazeny, jejich hodnota tedy dává hodnotu hrubého stavu fixního kapitálu, což odpovídá rovnici (4.4).

Životnost	a_i	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0,05	5	5,5	4,5	4	4,5	5,5	6
2	0,20	20	22	18	16	18	22	24
3	0,35	35	38,5	31,5	28	31,5	38,5	42
4	0,30	30	33	27	24	27	33	36
5	0,10	10	11	9	8	9	11	12
6	0,00	0	0	0	0	0	0	0
HSFK₂₀₁₀	333,0	0	0	9	32	67,5	104,5	120

Tab. č. 5.2: Příklad – výpočet dle původního postupu

Pro výpočet SFK v daném roce je nutné každou část investice dělit odpovídající životností (to platí pro lineární profil spotřeby, vzorec (4.4)), takže například z investice v roce 2009 vzniká část SFK v roce 2010 v hodnotě 34,28 mil. Kč ($22/2 + 38,5/3 + 33/4 + 11/5$). Celková SFK v roce 2010 je v tomto případě rovna 106,13 mil. Kč. Rovnice (4.5) pak zohledňuje vztah tokové proměnné SFK a čistého stavu fixního kapitálu – pro výpočet čistého stavu fixního kapitálu je nutné započítat i odpovídající spotřebu z předchozích let. Hodnota čistého stavu je tedy rovna 124,48 mil. Kč.

Pro potřeby alternativního vyjádření metody PIM je nutné sestavit matici přechodů P pomocí vzorců (5.2) – (5.4) :

$$P = \begin{pmatrix} 0,00 & 0,95 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,05 \\ 0,00 & 0,00 & 0,79 & 0,00 & 0,00 & 0,21 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,53 & 0,00 & 0,47 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,25 & 0,75 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \end{pmatrix}. \quad (5.11)$$

Opakovaným použitím vzorce (5.5) je získán vektor hrubého stavu fixního kapitálu v roce 2009:

$$hsfk_{2009}^T = (110, \quad 85,5, \quad 60, \quad 36, \quad 11, \quad 277,5). \quad (5.12)$$

Vynásobením (5.12) a (5.11) podle rovnice (5.5) a následným přidáním aktuální HTFK je získán vektor hrubého stavu fixního kapitálu pro poslední rok tohoto příkladu:

$$hsfk_{2010}^T = (120, \quad 104,5, \quad 67,5, \quad 32, \quad 9, \quad 367). \quad (5.13)$$

Poslední prvek vektoru (5.13) je akumulace vyřazených aktiv od počátku výpočtu (rok 2004), součet prvních $m = 5$ prvků je shodný jako při výpočtu původní metodou, hodnota hrubého stavu fixního kapitálu je 333 mil. Kč.

Pomocí vzorce (5.6) je získána shodná hodnota SFK, tedy 106,13 mil. Kč. Hodnota čistého stavu fixního kapitálu podle (5.14) také odpovídá původnímu výpočtu, její vektor $csfk_{2010}$ (odhad věkové struktury) je v (5.14):

$$csfk_{2010}^T = (76,6, \quad 35,93, \quad 10,35, \quad 1,6, \quad 0). \quad (5.14)$$

5.2 Požadavky na alternativní model

Před sestavením alternativního modelu PIM, vytvořeného pro tuto práci, byly stanoveny tyto požadavky:

- 1) Vedle lineárního způsobu výpočtu SFK musí model umožnit geometrickou spotřebu kapitálu. To poskytne srovnání dvou nejčastěji využívaných profilů výpočtu spotřeby fixního kapitálu.
- 2) Model musí dovolit průběžnou změnu průměrné životnosti aktiv, tak jak bylo popsáno v kapitole 4.2.
- 3) Jedním z výstupů modelu bude i odhad věkové struktury aktiv v daném roce.

Vstupními daty modelu jsou cenové indexy, HTFK, ostatní změny v objemu aktiv a vyřazovací funkce. Tato data byla získána od Českého statistického úřadu. HTFK a ostatní změny jsou rozděleny dle odvětví, druhu aktiv a institucionálního sektoru. Vyřazovací funkce se samozřejmě liší dle druhu aktiva, pro některé druhy majetku (nebytové budovy, dopravní prostředky, ostatní stroje a zařízení) se navíc liší dle odvětví či skupin odvětví. Cenové indexy jsou běžně vázány pouze na druh fixního aktiva, pro dopravní prostředky a ostatní stroje a zařízení jsou však vypočítávány pro každé odvětví zvlášť. Agregace vstupních dat by vedla k přílišnému zkreslení, proto je dalším požadavkem:

- 4) Celý alternativní výpočet musí respektovat klasifikaci a třídění používanou pro vstupní data na ČSÚ.

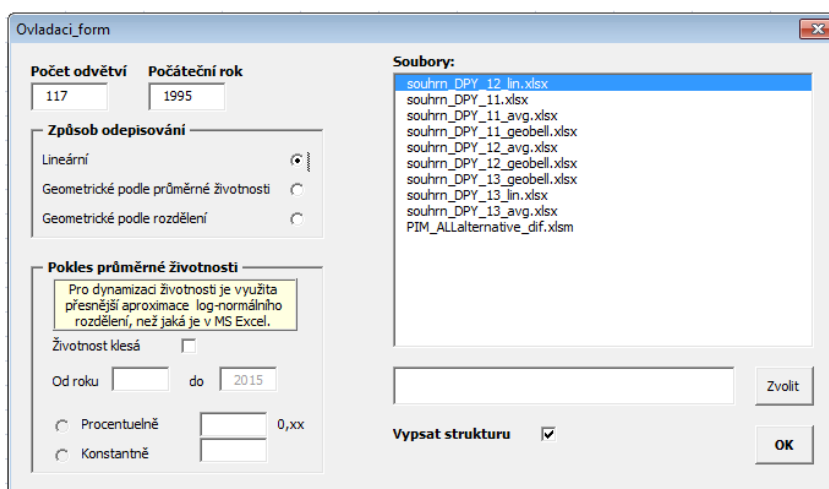
5.3 Funkce a vlastnosti alternativního modelu PIM

Výpočet SFK pomocí geometrické funkce je realizován dvěma způsoby. První způsob, podobně jako například Diewert (2005), využívá pouze průměrné životnosti aktiva (jako v případě jednorázového vyřazení), druhý naopak kombinuje geometrickou funkci spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, což, jak připouští Diewert (2005, s. 504, přel. autor), vedlo k „...výraznému navýšení výpočetní náročnosti“. Některé stroje mají maximální životnost i 40 let, budovy i více než 200 let, což představuje násobek výpočtů nutných pro dosažení výsledku oproti jedinému propočtu (pro každou roční HTFK z předchozích let) pouze na základě průměrné životnosti aktiva. Výpočet míry spotřeby δ byl realizován pomocí vzorce (4.10), pokles čisté hodnoty aktiv pak modelově probíhá podle rovnice (4.7).

Geometrický profil SFK může vést k disproporcii mezi hrubým a čistým stavem fixních aktiv. Zmíněný přístup může dojít k nesmyslnému výsledku, kdy čistý stav bude vyšší než hrubý (například nízká jednorázová investice v daném odvětví do aktiva s nízkou životností by mohla přinést takovýto výsledek). Agregace institucionálních subsektorů na sektory, použitá pro alternativní výpočet, snižuje pravděpodobnost výskytu tohoto problému. Z praktických důvodů byla navíc zavedena maximální životnost aktiv i pro geometrický profil SFK. Tato životnost byla nutná pro sestavení matice přechodů a v alternativním modelu je generována na základě dvou kritérií – délka historické časové řady využité pro vytvoření bilance fixního kapitálu v daném roce a zaokrouhlená hodnota čistého kapitálu v předchozím kroku. Maximální životnost pak byla v každém

kroku generována tak, aby do výpočtu vstoupily všechny investice, jejichž na celá čísla zaokrouhlená čistá hodnota je větší než nula.

Model umožňuje propočít se snižující se životností aktiv. Součástí tohoto výpočtu je i možnost zadání počátečního a koncového roku období, kdy k tomuto poklesu dochází. Vzhledem k formátu vstupních dat (sešity MS EXCEL) byl alternativní model PIM vytvořen v programovacím jazyku Visual Basic for Applications (VBA). Uživatelské rozhraní alternativního modelu PIM naprogramovaného v rámci této práce je na obrázku 5.2.



Obr. č. 5.2: Formulář s uživatelským rozhraním alternativního modelu PIM

V rámci automatizovaného výpočtu bylo tedy nutné aproximovat log-normální rozdělení. K tomu byla využita aproximace vycházející ze Spread Sheet Advice (2011). Spread Sheet Advice (2011) představuje aproximace normálních a log-normálních funkcí v kódu VBA na základě několika vybraných vědeckých zdrojů, pro alternativní model PIM byla vybrána aproximace, která dosahuje přesnosti na 15 desetinných míst, což odpovídá verzím MS Excel 2003 a novějším (Microsoft, 2011). Původní Schonfeldeova (1978) práce, ze které VBA kód vychází, nabízí i aproximaci, která je přesná na 30 desetinných míst. Z praktických důvodů je stejně jako v případě originálního modelu ČSÚ log-normální vyřazovací funkce definována do 99,5 percentilu. Odpovídající rok je brán jako maximální životnost aktiva m a nemění se ani při modelovaném poklesu průměrné životnosti.

Vzhledem k tomu, že je alternativní model PIM sestaven pomocí funkcí (5.4) – (5.6), obsahuje i možnost změny vyřazovací funkce pro celou skupinu aktiv (pomocí časově nehomogenního Markovského řetězce). Ze stejného důvodu také model umožňuje odhad věkové struktury aktiv (vážený jejich cenou).

Alternativní bilance fixních aktiv jsou sestaveny na základě shodných datových podkladů jako bilance oficiální, které jsou dostupné ze stránek ČSÚ (2012b). Pro následující aktiva byl však navíc proveden odhad pomocí geometrického profilu spotřeby fixního kapitálu:

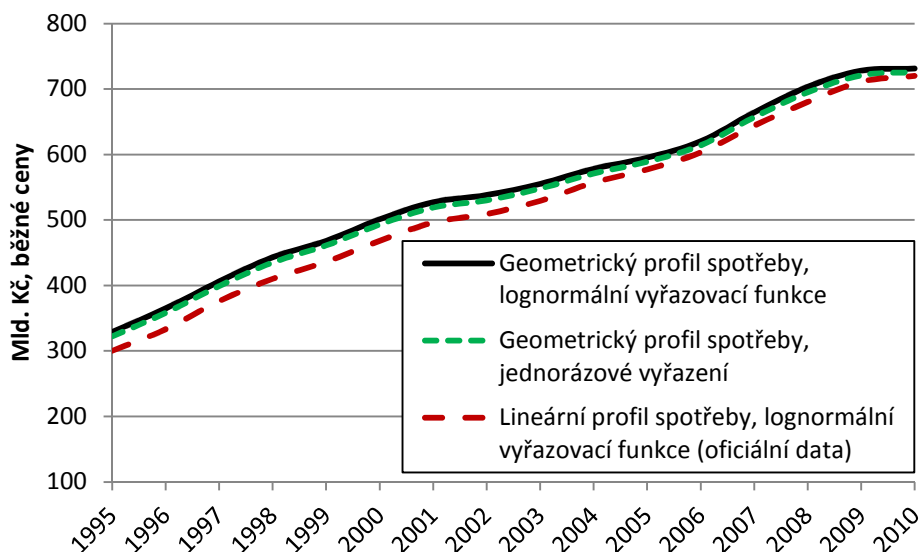
- ostatní stroje a zařízení,
- dopravní prostředky,
- nebytové budovy
- obydlí.

Geometrický profil byl pro tyto skupiny aktiv počítán jak s průměrnou životností, tak na základě log-normální vyřazovací funkce. Pro nebytové budovy a obydlí byl také testován 1% pokles průměrné životnosti nových aktiv, a to od roku 2002 pro obydlí a 2003 pro nebytové budovy (tedy vždy pro roky následující po roce, pro který je oficiální model PIM v současnosti parametrizován).

Vybraná aktiva odpovídají druhům aktiv, pro které jsou profily spotřeby nejčastěji testovány (Jorgenson, 1999, s. 1; Diewert, 2005, s. 505; Hulten a Wykoff, 1996, s. 16-17). Změny nebyly aplikovány na pěstovaná aktiva, která se skládají ze základního stáda, pro které SFK není dle ESA 1995 počítána, a trvalé porosty, u kterých nelze předpokládat zrychlenou spotřebu, naopak je vhodné uvažovat o zpoždění spotřeby pro pěstitelské celky, u kterých trvá i několik let, než začnou produkovat zisk a jejich opotřebení v počátečních fázích životního cyklu je minimálně vyvažováno růstem. Pro ostatní stavby také nebyl alternativní výpočet proveden, tato aktiva jsou pro oficiální model PIM konkrétně vymezena a parametrizována dle jednotlivých druhů (místní komunikace, dálnice, přehrady...), navíc se opět jedná o aktiva, pro která je urychlení SFK více než sporné. Geometrický profil nebyl aplikován ani na původní umělecká díla, geologický průzkum a software (z něž v tuto chvíli nejsou vyčleněny databáze jako zvláštní druh aktiva, u kterého se nedá předpokládat zrychlený profil zastarávání). Podle dat ČSÚ (2012b) však tato aktiva v roce 2010 představovala méně než 13,5 % hodnoty fixního kapitálu v České republice a 25,8 % všech investic, odečteme-li však položku ostatních staveb, která je samostatně počítána pouze pro již zmíněné vybrané subkategorie a zbytek je začleněn do nebytových budov (Czech Statistical Office, 2002, s. 227), představují tato zbývající (do alternativního odhadu nezahrnutá) aktiva v roce 2010 pouze 7 % veškerých investic v české ekonomice.

5.4 Alternativní bilance fixních aktiv

Pokles průměrné životnosti nových aktiv vyvolal minimální změnu. Ačkoli se rozdíl každoročně zvyšuje, hodnota čistého stavu nebytových budov v roce 2010 klesla oproti oficiálním údajům o méně než 0,49 ‰, pro bytové budovy pak o 0,57 ‰ (což by v součtu představovalo snížení čistého stavu fixního kapitálu o 6,07 mld. Kč, tzn. o 0,37 ‰). SFK pak narostla o v roce 2010 o 0,68 % u nebytových budov a o 0,77 % u obydlí, což v součtu představuje 1,79 mld. Kč (0,25 %). Podstata této změny vede ke každoročnímu nárůstu tohoto rozdílu. Při porovnání náročnosti výpočtu a výsledného efektu se z praktického hlediska jeví snazší respektování deseti- až patnáctileté periody aktualizace životnosti (Schmalwasser a Schidlowski, 2006, s. 1119-1120), případně rozdělení druhů aktiv podle odlišných období pořízení (s odpovídajícím rozlišením průměrných životností), tak jak je to pro vybraná aktiva běžné v některých zahraničních institucích zaměřených na tuto problematiku (OECD, 2009, s. 205-216).



Obr. č. 5.3: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro ekonomiku ČR, mld. Kč, běžné ceny, vlastní výpočet, pro křivku lineárního profilu SFK údaje ČSÚ (2012b)

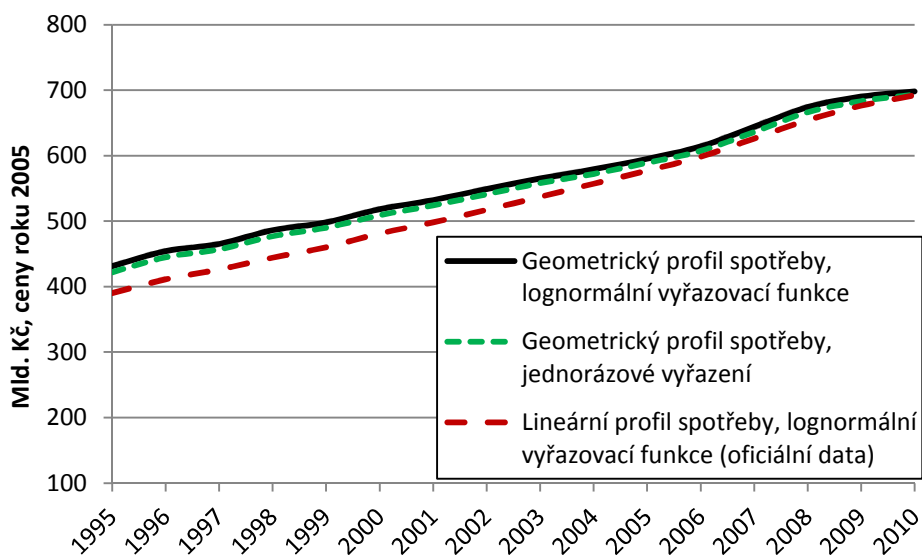
Na obrázku 5.3 je zobrazen vývoj alternativní SFK. Oficiální data ČSÚ (2012b) představují pro rok 2009 semidefinitivní a pro rok 2010 předběžnou verzi národních účtů²⁵. Vývoj křivek naznačuje, že v následujícím období pravděpodobně dojde k překřížení a lineární profil bude produkovat vyšší spotřebu než geometrický. Toto je způsobeno historickými časovými řadami HTFK, jejíž spotřeba zrychlená

²⁵ Ve výpočtech jsou použita data publikovaná k 30. 9. 2011.

geometrickým profilem byla ve sledovaném období dominantní, v celku však bude vždy spotřebována totožná hodnota – hodnota původní investice.

Pro jednorázové vyřazení představuje nárůst SFK v běžných cenách počítané na základě geometrického profilu oproti lineárně počítané spotřebě 7,3 % (21 926 milionů Kč) v roce 1995 a klesá k 0,08 % (5 419 milionů Kč) v roce 2010. Pro log-normální vyřazovací funkci je nárůst SFK v roce 1995 na úrovni 9,7 % (28 801 milionů Kč) a klesá směrem k 1,5 % (10 906 milionů Kč) v roce 2010.

Obrázek 5.4 představuje shodný ukazatel ve stálých cenách roku 2005. Změny ve struktuře (model PIM využívá různé cenové indexy pro různé druhy aktiv) vedly k mírně odlišnému vývoji SFK ve stálých cenách oproti cenám běžným. Od roku 1995 (+10,5 % pro log-normální vyřazovací funkci a +8,1 % pro jednorázové vyřazení, tedy 41 002 a 31 721 milionů Kč v cenách roku 2005) klesala SFK ve stálých cenách takřka na úroveň oficiálních statistik pro rok 2010 (+0,9 % v případě log-normální vyřazovací funkce a +0,1 % v případě jednorázového vyřazení, 5 927 a 601 milionů Kč ve stálých cenách roku 2005).



Obr. č. 5.4: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro ekonomiku ČR, mld. Kč, stálé ceny roku 2005, vlastní výpočet, pro křivku lineárního profilu SFK údaje ČSÚ (2012b)

V tabulce 5.3 je zaznamenán vývoj testovaných druhů majetku. Tabulka je rozdělena na tři části: čistý stav a spotřeba v běžných a stálých cenách, rozdíl v miliardách Kč a relativní změna oproti oficiálním statistikám (značeny O1 – O4 tak, aby odpovídaly řádkům R1 – R4 v tabulce). Absolutní hodnoty jsou uvedeny v miliardách Kč, spotřeba fixního kapitálu je uvedena jako kladná hodnota, v bilanci však představuje výstupní tok

a je tedy vždy odečítána. Tabulka 5.3 obsahuje pouze výsledky dosažené pro log-normální vyřazovací funkci (tzn. alternativní odhad respektující doporučení s předpokladem lepší reprezentace ekonomické reality). Další vybrané tabulky (odvětvové, věcné a sektorové členění pro různé profily SFK) jsou v příloze 9.1 (tabulky 9.1 – 9.28).

Zatímco spotřeba fixního kapitálu je v aktuálních letech (z hlediska sestavování bilancí je tím myšleno přibližně dvouleté zpoždění) velice blízko oficiálním statistikám, použití alternativního profilu SFK má výrazný dopad na čisté stavy aktiv v celém sledovaném období. Představené změny nemají dopad pouze na popisné charakteristiky, ale logicky mohou znamenat odlišné výsledky analytických modelů zabývajících se souhrnnou produktivitou faktorů (např. Sixta, Vltavská a Zbranek, 2011; Čadil, 2007).

Pro srovnání – v rámci oficiální mimořádné revize národních účtů došlo k navýšení čistého stavu fixního kapitálu v celé časové řadě v průměru o 14,3 %. To bylo způsobeno také změnou HTFK, výraznou měrou se však na této změně podílelo zavedení PIM s lineárním profilem SFK na obydlí a změna funkce jednorázového vyřazení na log-normální vyřazovací funkci. ČSÚ (2012a, s. 5-6 a s. 23).

Při obdobném experimentálním výpočtu kanadské bilance fixního kapitálu bylo dosaženo opačných výsledků. Kuomanakos *et al.* (1999) srovnával různé profily spotřeby s přístupem amerického Bureau of Economic Analysis (BEA)²⁶. Vlivem odlišného průběhu historických časových řad HTFK a odlišným výpočtem míry spotřeby δ (viz předchozí poznámka) se v letech 1981-1998 hodnota čistého stavu fixních aktiv v kanadské ekonomice, získaná pomocí procedur používaných BEA, pohybovala mezi 120 a 135 % hodnoty čistého stavu vypočítaného pomocí lineárního profilu SFK (Kuomanakos *et al.*, 1999, s. A3).

²⁶ Čítecitel ve vzorci (4.10) byl na základě empirických studií roven 1,65 pro stroje a 0,9 pro budovy, investice nebyla rozdělena na věkové kohorty dle vyřazovací funkce (Kuomanakos *et al.*, 1999, s. 11)

Ukazatel	Druh aktiva	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
R1:	Obydlí	1728	1929	2155	2370	2491	2597	2700	2769	2848	2977	3092	3223	3431	3657	3735	3784
Čistý stav kapitálu, běžné ceny, mld. Kč	Nebytové budovy	2579	2983	3399	3809	4058	4284	4493	4642	4801	5074	5309	5559	5888	6154	6238	6255
	Stroje a zařízení	1032	1109	1220	1290	1369	1471	1579	1588	1637	1703	1740	1806	1946	2046	2141	2143
	Dopravní prostředky	177	187	204	210	226	262	304	335	369	398	422	459	504	540	560	562
R2:	Obydlí	43	48	53	59	61	64	66	68	69	72	74	77	82	87	88	89
SFK, běžné ceny, mld. Kč	Nebytové budovy	70	81	91	105	111	117	123	127	131	138	144	151	160	167	172	172
	Stroje a zařízení	31	33	36	37	39	47	54	60	66	71	75	82	91	97	100	99
	Dopravní prostředky	125	135	149	158	168	178	189	184	186	191	192	197	210	220	230	230
R3:	Obydlí	2932	2935	2945	2961	2978	3000	3017	3017	3034	3060	3092	3132	3194	3258	3300	3365
Čistý stav kapitálu, ceny roku 2005, mld. Kč	Nebytové budovy	4457	4624	4730	4840	4916	4975	5032	5087	5158	5231	5309	5397	5475	5492	5556	5594
	Stroje a zařízení	1012	1095	1143	1199	1258	1344	1432	1521	1599	1665	1740	1818	1963	2116	2192	2240
	Dopravní prostředky	180	190	198	208	222	248	283	322	356	386	422	461	519	579	590	608
R4: SFK, ceny roku 2005, mld. Kč	Obydlí	73	73	72	73	73	74	74	74	74	74	74	75	76	77	78	79
	Nebytové budovy	121	125	127	134	135	136	138	139	141	143	144	147	149	149	153	154
	Stroje a zařízení	32	34	35	37	39	44	50	57	64	69	75	83	93	105	105	107
	Dopravní prostředky	120	130	136	143	151	161	169	176	182	187	192	198	211	226	235	240
R1 – O1, běžné ceny, mld. Kč	Obydlí	-318	-358	-400	-440	-462	-479	-497	-512	-525	-545	-560	-575	-598	-627	-630	-624
	Nebytové budovy	-435	-503	-574	-646	-695	-739	-783	-814	-848	-900	-942	-986	-1043	-1096	-1117	-1121
	Stroje a zařízení	-91	-105	-126	-141	-156	-170	-185	-187	-194	-201	-201	-203	-211	-217	-227	-226
	Dopravní prostředky	-18	-18	-19	-20	-21	-24	-29	-34	-41	-46	-51	-57	-63	-69	-74	-74
R2 – O2, běžné ceny, mld. Kč	Obydlí	3	3	2	2	2	2	1	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3
	Nebytové budovy	11	13	13	17	17	17	16	16	15	15	15	15	15	14	13	11
	Stroje a zařízení	1	1	1	1	1	3	4	6	7	6	6	6	7	8	4	1
	Dopravní prostředky	14	15	14	13	12	11	9	7	4	1	-1	-1	1	4	3	2
R3 – O3, ceny roku 2005, mld. Kč	Obydlí	-539	-544	-546	-550	-552	-554	-556	-558	-560	-560	-560	-558	-557	-559	-556	-550
	Nebytové budovy	-754	-782	-801	-823	-843	-861	-879	-892	-911	-928	-942	-957	-970	-979	-995	-1001
	Stroje a zařízení	-89	-104	-118	-131	-143	-155	-168	-180	-190	-196	-201	-204	-213	-225	-232	-240
	Dopravní prostředky	-18	-18	-19	-20	-21	-23	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-64	-73	-77	-81
R4 – O4, ceny roku 2005, mld. Kč	Obydlí	24	24	24	24	24	23	19	14	9	4	-1	-7	-12	-17	-19	-20
	Nebytové budovy	19	20	18	22	20	19	18	17	16	16	15	14	14	12	11	10
	Stroje a zařízení	0	0	0	0	0	2	3	5	6	6	6	6	8	9	4	1
	Dopravní prostředky	13	15	13	12	11	10	8	6	4	1	-1	-1	0	4	4	2
$\left(\frac{R1}{O1} - 1\right) * 100$	Obydlí	-15,53 %	-15,64 %	-15,65 %	-15,65 %	-15,63 %	-15,58 %	-15,55 %	-15,61 %	-15,57 %	-15,47 %	-15,33 %	-15,13 %	-14,85 %	-14,64 %	-14,43 %	-14,15 %
	Nebytové budovy	-14,44 %	-14,44 %	-14,45 %	-14,50 %	-14,61 %	-14,72 %	-14,84 %	-14,92 %	-15,02 %	-15,07 %	-15,07 %	-15,06 %	-15,05 %	-15,12 %	-15,19 %	-15,20 %
	Stroje a zařízení	-8,06 %	-8,67 %	-9,36 %	-9,86 %	-10,21 %	-10,38 %	-10,49 %	-10,55 %	-10,61 %	-10,56 %	-10,37 %	-10,11 %	-9,77 %	-9,60 %	-9,60 %	-9,55 %
	Dopravní prostředky	-9,01 %	-8,74 %	-8,71 %	-8,63 %	-8,45 %	-8,53 %	-8,74 %	-9,18 %	-9,92 %	-10,44 %	-10,76 %	-10,98 %	-11,05 %	-11,27 %	-11,73 %	-11,64 %
$\left(\frac{R2}{O2} - 1\right) * 100$	Obydlí	6,76 %	5,64 %	4,44 %	4,14 %	3,27 %	2,67 %	1,61 %	0,39 %	-0,33 %	-1,29 %	-1,94 %	-2,43 %	-2,68 %	-2,74 %	-3,12 %	-3,26 %
	Nebytové budovy	19,44 %	19,37 %	16,87 %	19,75 %	18,03 %	16,61 %	15,45 %	14,12 %	13,25 %	12,23 %	11,32 %	10,66 %	10,03 %	8,97 %	7,96 %	6,78 %
	Stroje a zařízení	2,43 %	3,01 %	2,31 %	2,13 %	2,44 %	6,65 %	8,72 %	10,87 %	10,96 %	9,24 %	8,29 %	7,92 %	8,86 %	9,02 %	4,39 %	1,45 %
	Dopravní prostředky	12,56 %	12,81 %	10,79 %	9,15 %	7,74 %	6,63 %	5,28 %	3,73 %	2,36 %	0,65 %	-0,36 %	-0,70 %	0,26 %	1,68 %	1,52 %	0,69 %
$\left(\frac{R3}{O3} - 1\right) * 100$	Obydlí	-15,53 %	-15,64 %	-15,65 %	-15,66 %	-15,64 %	-15,58 %	-15,56 %	-15,61 %	-15,58 %	-15,47 %	-15,33 %	-15,13 %	-14,84 %	-14,64 %	-14,42 %	-14,06 %
	Nebytové budovy	-14,46 %	-14,47 %	-14,48 %	-14,54 %	-14,64 %	-14,75 %	-14,88 %	-14,92 %	-15,01 %	-15,07 %	-15,07 %	-15,06 %	-15,05 %	-15,12 %	-15,19 %	-15,18 %
	Stroje a zařízení	-8,07 %	-8,68 %	-9,37 %	-9,86 %	-10,20 %	-10,37 %	-10,48 %	-10,56 %	-10,60 %	-10,56 %	-10,37 %	-10,10 %	-9,77 %	-9,60 %	-9,58 %	-9,67 %
	Dopravní prostředky	-9,06 %	-8,79 %	-8,75 %	-8,67 %	-8,48 %	-8,57 %	-8,78 %	-9,28 %	-9,95 %	-10,46 %	-10,76 %	-10,97 %	-11,03 %	-11,19 %	-11,59 %	-11,76 %
$\left(\frac{R4}{O4} - 1\right) * 100$	Obydlí	14,36 %	13,64 %	12,80 %	12,92 %	12,42 %	10,04 %	7,28 %	4,47 %	2,29 %	-0,03 %	-1,94 %	-3,59 %	-4,91 %	-5,93 %	-7,25 %	-8,24 %
	Nebytové budovy	19,06 %	19,02 %	16,57 %	19,48 %	17,79 %	16,42 %	15,30 %	14,00 %	13,18 %	12,20 %	11,32 %	10,68 %	10,10 %	9,07 %	8,11 %	7,03 %
	Stroje a zařízení	0,72 %	1,30 %	0,56 %	0,44 %	0,73 %	4,90 %	6,87 %	9,99 %	10,52 %	9,28 %	8,29 %	7,92 %	8,83 %	9,01 %	4,20 %	0,62 %
	Dopravní prostředky	12,49 %	12,68 %	10,79 %	9,13 %	7,66 %	6,53 %	5,18 %	3,81 %	2,34 %	0,65 %	-0,36 %	-0,71 %	0,15 %	1,59 %	1,60 %	0,86 %

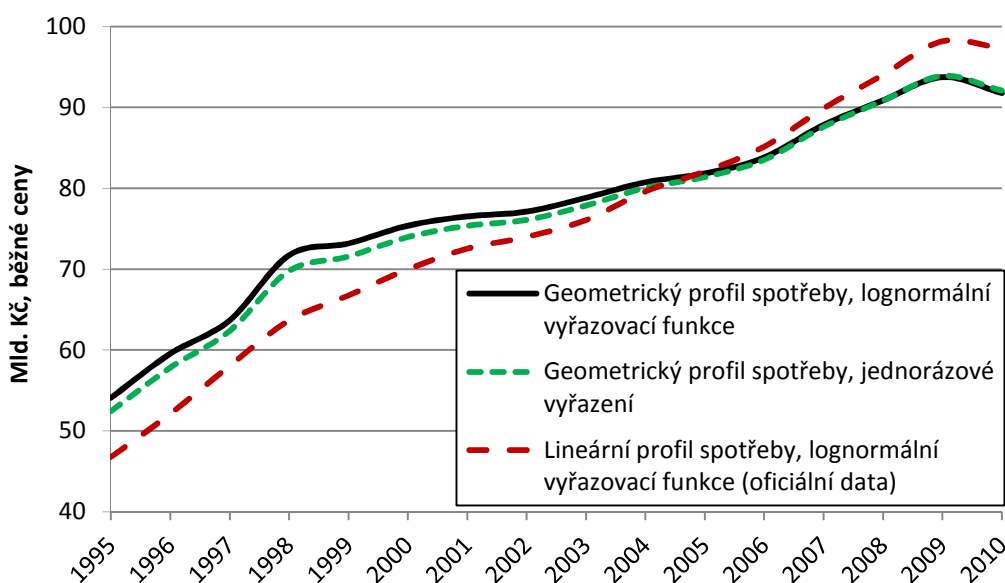
Tab. č. 5.3: Stav a spotřeba vybraných aktiv při geometrickém profilu SFK s log-normální vyřazovací funkcí

5.5 Sektor netržních výrobců

Spotřeba fixního kapitálu je nezbytná pro výpočet netržní produkce (nákladová metoda), a má proto přímý vliv na hodnotu HDP (European Commission *et al.*, 2009, s. 111). Jednoprocentní pokles životnosti vybraných aktiv s dlouhou životností představuje zanedbatelnou změnu SFK. V případě nebytových budov představuje změna v roce 2010 nárůst o 0,36 % (tj. 258 milionů Kč v cenách roku 2010), u obydlí pak pokles životnosti vyvolal zvýšení SFK v roce 2010 o 0,31 % (tj. 23 milionů Kč v cenách roku 2010).

Geometrický profil spotřeby fixního kapitálu vedl ke změnám v obou směrech v závislosti na čase i druhu aktiva. Obrázek 5.5 srovnává vývoj SFK pro různé profily SFK pro netržní výrobce.

Od roku 2005 je pomocí lineárního profilu získána vyšší hodnota SFK než pro obě varianty geometrického profilu, do té doby produkuje geometrický profil SFK vyšší. SFK v porovnání se SFK získanou lineárním profilem trvale pouze v případě dopravních prostředků.



Obr. č. 5.5: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro netržní výrobce, mld. Kč, běžné ceny, vlastní výpočet, pro křivku lineárního profilu SFK údaje ČSÚ (2012b)

Nejvyšší nárůst oproti lineárnímu profilu SFK je pro sledované období v roce 1995. Tento rozdíl je způsoben převážně nebytovými budovami (86,6 % celkové změny pro log-normální vyřazovací funkci a 87,7 % v případě jednorázového vyřazení).

Pokles spotřeby v následujících obdobích je způsoben především poklesem spotřeby u nebytových budov a obydlí. V roce 2010 je spotřeba obydlí v sektoru netržních výrobců v případě geometrického profilu a jednorázového vyřazení pod úrovní 70 % oficiálních statistik založených na lineárním profilu SFK a dokonce pod 60 % pro log-normální vyřazovací funkci (tzn. pokles o 2 414, respektive 2 944 milionů Kč v běžných cenách).

V případě nebytových budov pak v roce 2010 dochází k poklesu o 4,4 % (3 188 milionů Kč v běžných cenách) pro geometrický profil SFK a jednorázové vyřazení. Při využití log-normální vyřazovací funkce spotřeba klesla o 4,3 % (3 058 Kč v běžných cenách). Podobný vývoj naznačují výsledky pro celou ekonomiku (obr. 5.3), ovšem s několikaletým zpožděním.

Rozdíl mezi funkcí jednorázového vyřazení a log-normální vyřazovací funkcí je ve sledovaném období 1995-2010 vždy pod 3,2 %. Pro využití v prostředí konkrétní instituce zodpovědné za výpočet ukazatelů popisujících fixní kapitál je však nutné brát v úvahu i praktické aspekty a výpočetní náročnost (v porovnání s personálními kapacitami), kterou může funkce jednorázového vyřazení výrazně snížit (viz kapitola 5.3).

K jednotkám v sektoru netržních výrobců se může vázat i tržní produkce. Přímý dopad na HDP má však pouze SFK vztahující se k produkci netržní. Pro tabulku 5.4 vyjadřující vliv na HDP byla využita pouze ta část alternativní SFK, která odpovídá netržní produkci.

Vyřazovací funkce	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Δ log-normální	7 006	6 601	4 324	6 209	4 441	3 275	2 037	1 608	1 607	219	-809	-1 571	-1 992	-2 897	-3 855	-4 509
Δ jednorázové vyřazení	5 425	4 964	3 097	4 364	2 908	1 922	877	524	513	-662	-1 508	-2 165	-2 583	-3 347	-4 155	-4 680
Δ log-normální (%)	0,46	0,37	0,23	0,30	0,21	0,14	0,08	0,06	0,06	0,01	-0,03	-0,05	-0,05	-0,08	-0,10	-0,12
Δ jednorázové vyřazení (%)	0,35	0,28	0,16	0,21	0,14	0,08	0,04	0,02	0,02	-0,02	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,11	-0,12

Tab. č. 5.4: Vliv geometrického profilu SFK na odhad HDP, miliony Kč v běžných cenách, absolutní a relativní změna

Změna HDP je ve sledovaném období vždy pod 0,5 % v aktuálních letech by alternativní profil SFK vedl ke snížení HDP (v roce 2010 se jedná o pokles o 0,12 %) a obrázek 5.4 naznačuje, že tento rozdíl pro další roky poroste. Ačkoli se jedná o relativně malý rozdíl, je nutné si uvědomit, čím je způsoben a kolik úsilí je potřeba vynaložit, aby bylo takovéto změny skutečně dosaženo. Změna průběhu SFK netržních výrobců naznačuje pokles meziroční změny HDP (změna HDP je pravděpodobně

sledovanější ukazatel než jeho absolutní hodnota), pro rok 2010 však tato změna představuje pokles o méně než 0,03 % (oficiální statistika odhaduje meziroční reálný růst HDP v roce 2010 na 2,5 % (ČSÚ, 2012b).

Pro interpretaci dosažených výsledků a jejich odlišnosti od oficiálních údajů je nutné vrátit se k již zmíněné kritice obou profilů SFK. Zatímco lineární profil je považován za příliš pomalý, geometrický je naopak příliš rychlý, proto je možné získané výsledky považovat za odhad dolní a horní meze možného rozpětí SFK a v důsledku i HDP (v případě HDP by však bylo možné identifikovat celou řadu dalších odhadů, které by mohly mít podobný dopad).

5.6 Odhad věkové struktury

Jak bylo vysvětleno v kapitole 5.1, model PIM je možné využít i pro jiné účely než pro odhad stavů a spotřeby fixního kapitálu. Upravený model umožňuje odhad věkové struktury aktiv. Nejedná se o nic jiného než o vektor věkové struktury při aplikaci Markovského řetězce, tak jak je využíván v modelu obnovy.

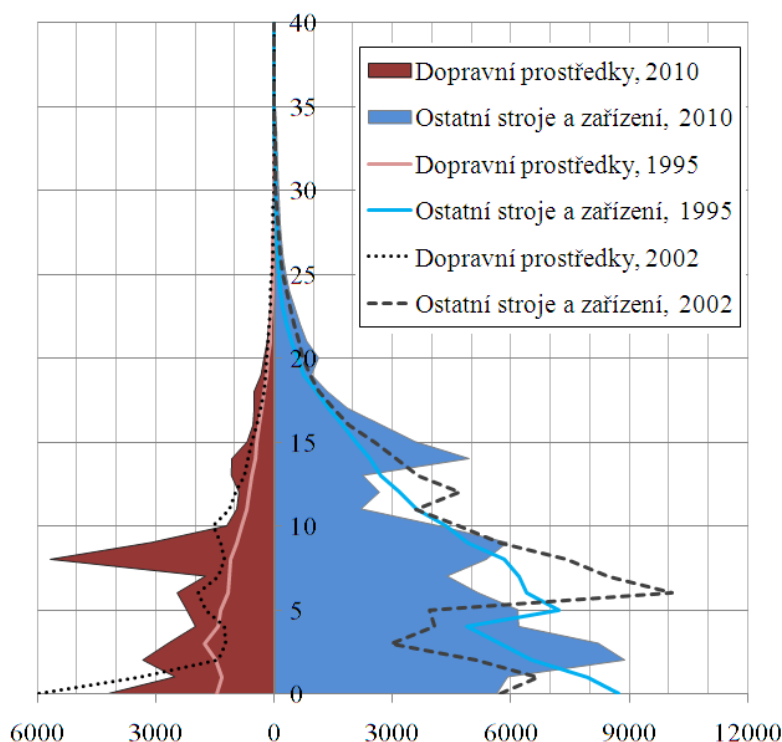
Tato struktura je vážená cenou aktiv a může být sestavena v několika variantách. V první řadě je nutné rozlišit dva druhy ocenění. Struktura může být v cenách bez opotřebení a zastarávání, tedy s využitím hrubého stavu fixního kapitálu, nebo se zohledněním poklesu hodnoty aktiv v čase, a tedy vyjádřena z čistého stavu. Věková struktura, ale i kvalita jejího odhadu je pak logicky dána přesností parametrů modelu (průměrná životnost, vyřazovací funkce) a odhadem historických časových řad HTFK.

Při rozhodování o využití čistého či hrubého stavu fixních aktiv pro výpočet průměrného věku je možné využít analogii s lidskou populací. Vyřazovací funkce v podstatě představuje obdobu funkce pravděpodobnosti úmrtí v úmrtnostních tabulkách demografické statistiky. Při výpočtu průměrného věku populace také neklesá váha věkových skupin na základě jejich věku či produktivity, ale pouze na základě počtu. Proto je vhodné pro výpočet průměrného věku aktiv využít ceny bez opotřebení – tedy hrubý stav fixního kapitálu.

Vzhledem k faktu, že součástí HTFK jsou i zásadní rekonstrukce typické především pro stavby, je tento odhad vhodný spíše pro ostatní stroje a zařízení a dopravní prostředky. Proti využití tohoto odhadu pro nebytové budovy a obydlí hovoří i dlouhé historické časové řady HTFK, které nevznikají stejně jako aktuální statistika investic a mnohdy jsou zkráceny (pro maximální životnost 200 let není možné sestavovat 200 let dlouhé historické řady) a parametrizovány k určitému datu tak, aby bilance v daném roce

odpovídala odbornému odhadu založenému na mnoha různých podkladech – od sčítání lidí, domů a bytů až po specializovaná šetření z oblasti stavitelství a odborné technické studie (ČSÚ, 2002, s. 144).

Obrázek č. 5.6 představuje odhad věkové struktury pro stroje a zařízení v odvětví zemědělství, lesnictví a rybaření (sekce A). Pro dopravní prostředky je v odvětví zemědělství využita průměrná životnost 15,9 let a 14,7 let pro ostatní stroje a zařízení²⁷ (Czech Statistical Office, 2002, s. 228-229). V levé části obrázku je věková struktura dopravních prostředků, v pravé části je pak věková struktura ostatních strojů a zařízení.



Obr. č. 5.6: Věková struktura strojů a zařízení v odvětví zemědělství, lesnictví a rybaření, miliony Kč, stálé ceny 2005

Pro odhad průměrného věku aktiv je za stáří jednotlivých věkových skupin považován střed možného intervalu (tzn. první věková skupina je brána jak 0,5 let stará, další 1,5 atd.). Dle odhadu na základě struktury hrubého stavu aktiv klesl průměrný věk

²⁷ Mnoho zahraničních institucí zodpovědných za odhady fixního kapitálu pomocí PIM nedokáže vytvořit bilanci pomocí matic druh majetku x odvětví, mnohdy jsou údaje v těchto klasifikacích odhadovány odděleně pouze jako vektory (druhy majetku jsou pak zpravidla odhadovány ve větším detailu, ne jak je tomu na ČSÚ). To často ztěžuje mezinárodní srovnání.

Obvykle je však možné nalézt alespoň částečně srovnatelné údaje. Například v Nizozemí je v odvětví zemědělství využívána průměrná životnost osobních automobilů a dalších silničních dopravních prostředků 9 let (OECD, 2009, s. 204), v Itálii je průměrná životnost dopravních prostředků v zemědělství odhadována na 8 let, v Belgii 12 (tamtéž, s. 211). Životnost více specifikovaných dopravních prostředků se v různých zemích výrazně liší, zatímco v Kanadě je průměrná životnost traktorů 10 let a v USA pouze 9, v Německu byla tato životnost 18 a v Norsku dokonce 20 let (OECD, 1993, s. 16; OECD, 2001, s. 105-111).

dopravních prostředků v zemědělství ze 7,6 let v roce 1995 na 7,3 let v roce 2010. Zatímco v institucionálním sektoru domácností (kam logicky patří především menší výrobci) došlo v tomto období k nárůstu průměrného věku dopravních prostředků ze 7,8 na 8,0 let, v institucionálním sektoru nefinančních podniků došlo k poklesu ze 7,5 na 7,3 let.

Ostatním strojům a zařízením vzrostl průměrný věk v období 1995-2010 ze 7,4 na 8,4 let. Sektor domácností přitom zaznamenal ve stejném období nárůst průměrného věku strojů a zařízení z 8,0 na 10,9 let. K nárůstu věku strojů a zařízení docházelo i v sektoru nefinančních podniků z 6,7 na 7,6 let.

Nejedná se však o trvalý růst průměrného věku aktiv, v závislosti na druhu aktiva a institucionálním sektoru byl maximální průměrný věk dosažen mezi roky 2000-2006, od tohoto období průměrný věk buď stagnoval, nebo mírně klesal, viz příloha 9.2 (obrázek 9.1). Tabulka odhadu průměrného věku strojů a zařízení (tedy dopravních prostředků + ostatních strojů a zařízení) v průběhu období 1995-2010 je v přílohách (tabulka 9.29).

V rámci detailní odvětvové struktury dochází v několika případech ke skokovým změnám, což je způsobeno přesuny majetku (prodeje, reklasifikace, bezúplatná předání,...) mezi odvětvími. Agregace odvětví na sekce (viz tabulka 9.29) snižuje citlivost na tyto změny (majetek se často přesouvá mezi podobnými odvětvími v rámci sekce).

Ve sledovaném období nejvíce stárly stroje a zařízení, v odvětví Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu (sekce D) od roku 1995 vzrostl odhadovaný průměrný věk z 3,9 let na 9,4 v roce 2008. Pro následující období začal mírně klesat. Tento jev je primárně způsoben klesajícími investicemi, které v období 1995-2004 dosáhly průměrného tempa růstu -14,3 % (výpočet z údajů o HTFK v cenách roku 2005 (ČSÚ, 2012b)). Od roku 2005 investice do strojů v tomto odvětví rostou, což se v průměrném věku projevilo s tříletým zpožděním.

Odvětví s největším odhadnutým poklesem průměrného věku strojů a zařízení jsou pak vzdělávání (sekce P), zdravotní a sociální péče (sekce Q) a ostatní činnosti (S). Ve všech těchto sekcích klesl průměrný věk oproti maximálnímu odhadnutému o více než 1,7 roku (rozdíl mezi maximálním průměrným věkem v období 1995-2010 a věkem v roce 2010). Nejvyšší relativní změny k maximálnímu či minimálnímu věku v daném období pak dosáhlo již zmiňované odvětví vzdělávání.

Věková struktura vyjádřená pomocí čistého stavu fixního kapitálu představuje možnost zpřesnění odhadů toků použitých aktiv, ať už jsou to prodeje použitých aktiv nebo například organizační změny. Tyto toky často vedou k disproporcii mezi čistým a hrubým stavem²⁸. Při zjištění stáří přesouvaného majetku by bylo možné tento přesun umístit do prvku vektoru věkové struktury, který by odpovídal stáří aktiva. V případě neexistence statistické evidence stáří přesouvaného majetku (což je běžný případ) by bylo možné využít alespoň průměrné stáří či použít rozdělení dle věkové struktury. V důsledku by bylo možné alespoň proporcionalně odhadnout změnu i v hrubém stavu a model PIM by nemusel hodnotu tohoto toku počítat jako nové aktivum. Důležitým předpokladem je však model pracující iteračně s věkovou strukturou, tak jak to dělá v této práci navržený model.

²⁸ Jedná se o běžný problém modelového propočtu pomocí PIM. Například prodej použitých aktiv je součástí HTFK, do modelu PIM tak tato aktiva vstupují jako nová a je jim tedy prodloužena životnost. Zároveň tato aktiva přecházejí z odvětví do odvětví ve stejné hodnotě v hrubém i čistém stavu. Toto je obvykle nutné manuálně řešit alespoň pro zásadní položky pomocí meziodvětvového přesunu časových řad HTFK.

6 Dynamická investiční funkce v odvětví zemědělství

6.1 Odvětví zemědělství, lesnictví a rybářství

Pro porozumění chování v daném odvětví, ale i pro správné využití datových zdrojů, které jej charakterizují, je nejprve nutné správně pochopit, co pojem odvětví představuje. V národních účtech ČSÚ jsou odvětví sestavena z podniků rozdělených podle převažující činnosti (ČSÚ, 2013b). To ve svém důsledku znamená, že například v odvětví zemědělství může být i zpracovatelská produkce, pakliže je prováděna podnikem, který má jako hlavní činnost zemědělství. Naopak ze stejného důvodu může být zemědělská produkce započítána do produkce jiného odvětví.

Odvětví zemědělství, rybolovu a lesnictví je z hlediska růstu velice omezené (mezi omezení patří rozloha orné půdy a lesních pozemků, plocha rybníků, poptávka po zemědělské produkci atd.). Proto, pakliže zemědělský podnik expanduje, děje se tak především na úkor jiného zemědělského podniku, či do jiného odvětví (obvykle zpracovatelského).

Případ expanze na úkor jiného zemědělského podniku se neprojeví na velikosti odvětví. Expanze do jiného odvětví může vést (z pohledu národních účtů) až ke zmenšení odvětví zařazením podniku do jiného odvětví na základě nové převažující činnosti (pokud není pronikání na nový trh prováděno prostřednictvím jiného podniku).

V již zmíněném rozsáhlém dynamickém národním modelu SDNM (Graham, 1984; Forrester, 1987b, 1989a) byla využita varianta Sengeho (1978) investiční funkce. Tento model je však konstruován pro odvětví/sektory výroby dlouhodobých statků²⁹, elektrických strojů a zařízení a textilní výroby (Senge, 1978, s. 85). Důležitým prvkem pro určení požadovaných investic bylo bilancování požadovaného skutečného stavu zásob a nevyřízených objednávek (Senge, 1978, s. 44-47), což je přístup vycházející z Forrester (1961 s. 208-232)

Takovéto proměnné však nejsou pro odvětví zemědělství, lesnictví a rybářství (NACE A) vhodné hned z několika důvodů. Toto odvětví je charakteristické významným zpožděním mezi započtením produkce a prodejem výrobků (vycházející z biologické podstaty produkce v rostlinné produkci tak mnohdy i v produkci živočišné), velikým zpožděním při zásadním rozšiřování fixního kapitálu biologické povahy (např. délka březosti + doba k dosažení dospělosti). Z tohoto důvodu lze

²⁹ „durable manufacturing“

předpokládat, že plánování výroby je založeno spíše na základě dlouhodobé zkušenosti, než k okamžitému (resp. co nejrychlejšímu) přizpůsobování výroby aktuálním požadavkům. Naproti tomu instituce jako intervenční sklady a nákupy (SZIF, 2012, s. 17-19), které zajišťují minimální cenu vybraných potravin, omezují riziko, že produkce nebude prodána.

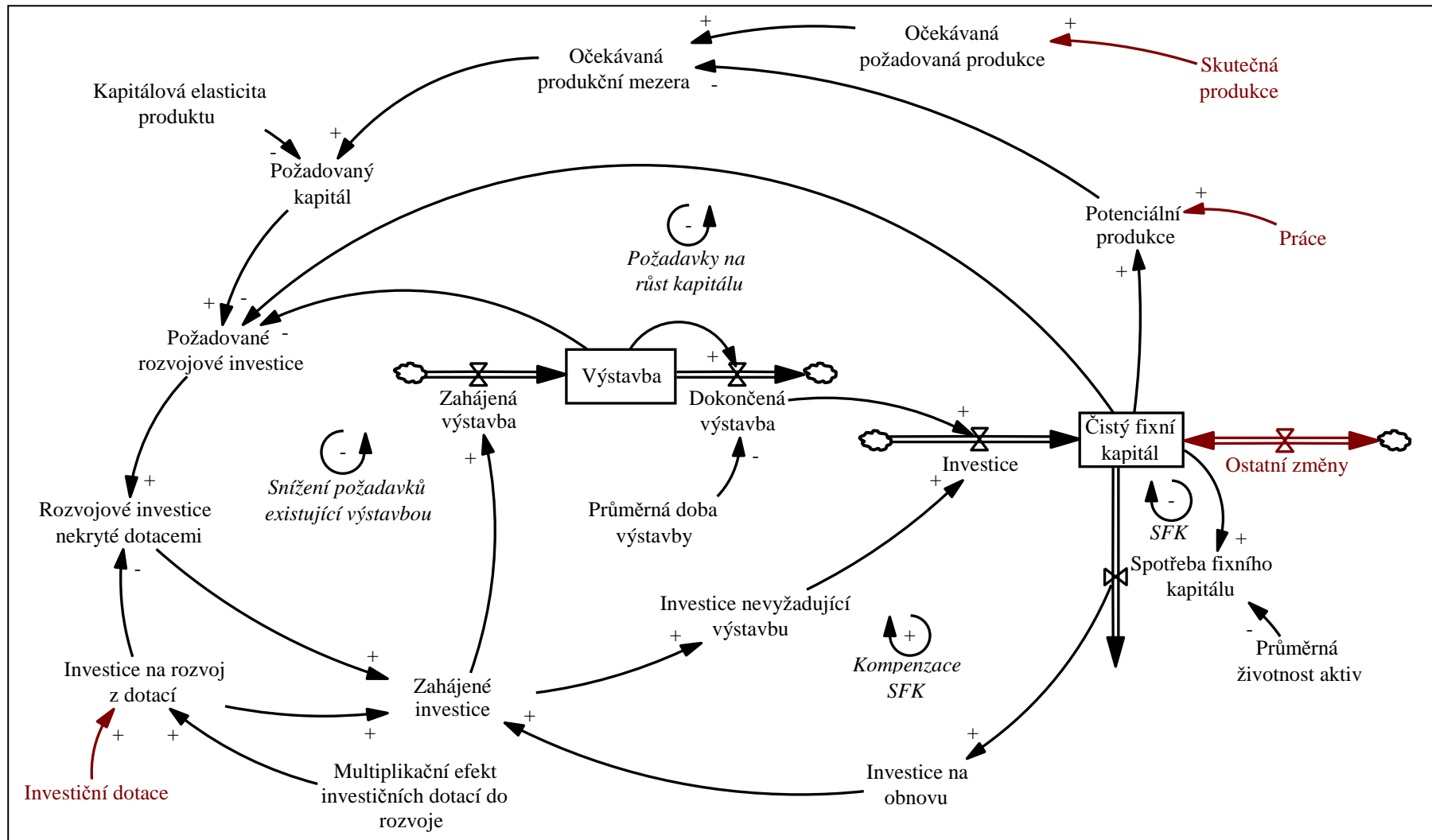
Pro úplnost je vhodné dodat, že v roce 2010 bylo 83 % čistého fixního kapitálu z NACE A vlastněno subjekty z odvětví Rostlinná a živočišná výroba, myslivost a související činnosti (NACE 01, tedy NACE A bez rybolovu a lesnictví). Stejný podíl (83 %) představuje i průměr za roku 1993 – 2010. Naopak v odvětví Rybolovu a akvakultury (NACE 03) činí tento podíl pouze 8 ‰. (ČSÚ, 2012b)

6.2 Dynamická investiční funkce

Podobně jako v pracích zaměřených na investiční funkci, které byly citovány v kapitole 4.4, je i jádro této investiční funkce rozdělení investic na obnovu a rozvoj. Bylo by však chybou nezačlenit do investiční funkce v NACE A i investiční dotace. Na obrázku 6.1 je zjednodušený diagram stavů a toků dynamické investiční funkce.

Model obsahuje čtyři zásadní exogenní proměnné, kterými jsou skutečná produkce, práce, investiční dotace a ostatní změny fixního kapitálu (na obrázku 6.1 jsou červeně vyznačené). V diagramu jsou vyznačeny čtyři zpětnovazebné smyčky, které určují chování systému investiční funkce. Nejjednodušší cíl-hledající smyčka pojmenovaná *SFK* vyjadřuje nárůst spotřeby fixního kapitálu na základě jeho stavu. Tato spotřeba pak vede ke snížení toho samého stavu. Smyčka pojmenovaná *Kompenzace SFK* vyjadřuje obnovu stávajícího kapitálu, pakliže není požadováno snížení kapitálu, vede tato smyčka k vyrovnání smyčky *SFK*. *Snížení požadavků existující výstavbou* je cíl-hledající smyčka, kde jsou požadované investice získané z existujícího kapitálu sníženy o probíhající výstavbu. Poslední cíl-hledající smyčka *Požadavky na růst kapitálu* vyjadřuje hned několik smyček v diagramu (z čistého stavu kapitálu do odhadu produkční mezery, či přímo do požadovaných investic a přes výstavbu nebo přes investice bez výstavby) vždy se však jedná o zachycení stejné myšlenky. Požadované investice jsou dopočítávány ze stávajícího čistého stavu kapitálu, a proto čím je tento stav vyšší, tím je nutné investovat méně, což vede k menšímu nárůstu nebo dokonce poklesu čistého stavu (a naopak).

Struktura z obrázku 6.1 bude vysvětlena podle dílčích logických celků v následujících subkapitolách.



Obr. č. 6.1: Zjednodušený diagram stavů a toků dynamické investiční funkce v NACE A

6.3 Stav kapitálu a spotřeba – PIM z pohledu systémové dynamiky

Nejrůznější autoři, ať z oblasti ekonometrie či z oblasti systémové dynamiky (viz kapitoly 4.3 a 4.4), se shodují, že investice lze rozdělit na obnovu stávajícího kapitálu (tedy kompenzaci spotřeby fixního kapitálu) a investic vedoucích k rozvoji (respektive růstu či poklesu) podnikatelské aktivity. Ačkoli to běžně není přímo řečeno, druhá (růstová) část obsahuje také substituci faktorů, měla by reflektovat technologické a strukturní změny.

Při modelování první (obnovovací) složky je pak využíván vzorec známý již ze 4. kapitoly jako (4.14) (např. Senge, 1978, s. 130; Jorgenson, 1996, s. 5, s. 34, s. 135; Yamaguchi, 2006, s. 9):

$$i_t^r = \delta k_t. \quad (6.1)$$

V případě, že je kapitál rozdělen do kategorií jedná se o kategorie kvalitativní (např. Forrester, 1969, s. 75; Eskinasi, Rouwette a Vennix, 2009, s. 189), věkové kohorty jsou využívány pouze omezeně (např. Wang, Ma, 1987, s. 3-4).

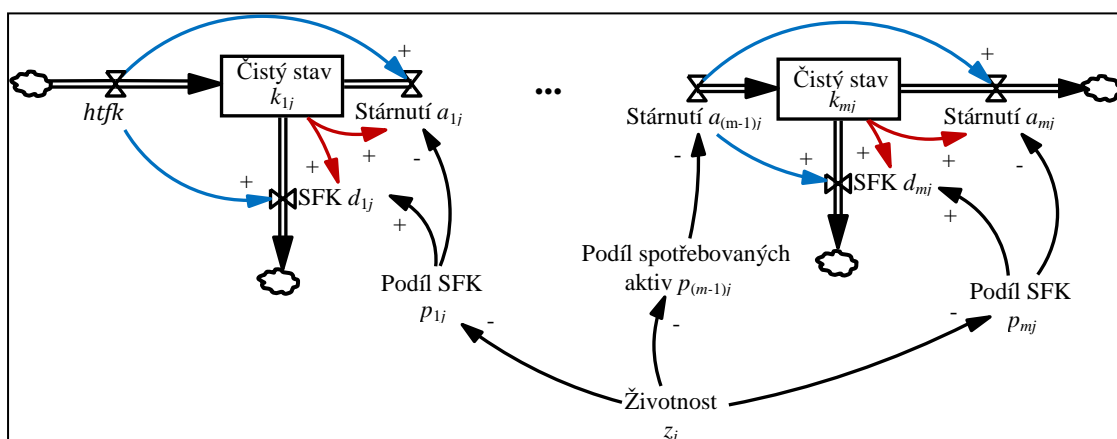
Z hlediska národních účtů výpočet podle rovnice (6.1) odpovídá nejjednoduššímu odhadu, který byl na ČSÚ do mimořádné revize v roce 2011 využíván pro odhad čistého stavu a SFK pro obydlí (ČSÚ, 2012a, s. 6). Od této revize je využívána standardní PIM i pro obydlí.

Prvním krokem při tvorbě dynamické investiční funkce tak byl model fixního kapitálu s využitím poznatků ze statistiky národních účtů. První modelovaná část je tedy zaměřena na stavy a spotřebu fixního kapitálu, kde jsou investice vstupní exogenní proměnnou. Modelová struktura převádějící odhad hrubého stavu fixního kapitálu pomocí standardní PIM do dynamického modelu byla navržena již v Krejčí, Švasta (2011). Podobně jako v kapitole 5.6 i v tomto případě je využita analogie s demografickými modely. Pro zachycení čistého i hrubého stavu kapitálu je použit řetězec stárnutí podobně, jak je obvykle využíván pro lidskou populaci (Sterman, 2000, s. 470-481).

Kapitál je rozdělen do jednoletých věkových kategorií i . Navíc je pomocí vyřazovací funkce podle životnosti $f(\tau)$ rozdělen do kategorií j . Ke každé jednoleté stavové proměnné k_{ij} se váže jedna vstupní toková proměnná představující stárnutí z předchozí věkové kategorie $a_{(i-1)j}$ (v případě nových aktiv je vstupním tokem HTFK) a dvě

základní výstupní tokové proměnné představující stárnutí do vyšší kategorie a_{ij} a SFK vyjadřující pokles hodnoty opotřebením a zastaráváním d_{ij} .

Na obrázku číslo 6.2 je diagram stavů a toků zachycující základní vztahy mezi proměnnými. Modré a červené šipky vyjadřují dvě varianty výpočtu výstupních toků. Stejná struktura je vyjádřena rovnicemi (6.2) – (6.7). Kde T je aktuální čas, T_0 je počáteční čas a t je časový okamžik mezi T_0 a T .



Obr. č. 6.2: Diagram stavů a toků čistého stavu fixního kapitálu

$$k_{ijT} = \int_{T_0}^T [a_{(i-1)jt} - a_{ijt} - a_{ijt}] dt + k_{ijT_0}. \quad (6.2)$$

SFK a stárnutí mohou být vypočteny buď pomocí fixního jednoletého zpoždění (modře vyznačené vazby v obrázku 6.2)

$$d_{ijt} = a_{(i-1)j(t-1)} \cdot p_{ij}, \quad (6.3)$$

$$a_{ijt} = a_{(i-1)j(t-1)} \cdot (1 - p_{ij}), \quad (6.4)$$

nebo jako materiállové zpoždění prvního řádu s průměrnou dobou setrvání ve věkové kohortě rovnou jedné (červené vazby v obrázku 6.2), tedy:

$$d_{ijt} = k_{ij} \cdot p_{ij}, \quad (6.5)$$

$$a_{ijt} = k_{ij} \cdot (1 - p_{ij}). \quad (6.6)$$

Rovnice (6.5) a (6.6) jsou dle Sterman (2000, s. 479) vhodné především v situacích, kdy stavová proměnná vyjadřuje jinou než věkovou kategorii (např. úroveň řízení)³⁰. Podíl

³⁰ V žádné z citovaných prací v kapitole 4.4 není pro kapitál použito fixní zpoždění a to ani v případě, že jsou použity věkové kategorie.

spotřebovaných aktiv p_{ij} je vypočítán z rovnic (6.7) a (6.8), které odpovídají lineárnímu profilu SFK z rovnice (4.3), životnost z_j dané kategorie j je funkcí průměrné životnosti aktiv τ (skupiny jsou rozděleny podle životností zaokrouhlených na celé roky).

$$p_{ij} = \frac{1}{z_j - i + 1}, \quad \text{když } z_j \geq i, \quad (6.7)$$

$$p_{ij} = 1, \quad \text{když } z_j < i,$$

$$z_j = f(\tau). \quad (6.8)$$

Průměrné životnosti τ jednotlivých aktiv v dílčích oddílech zkoumaného odvětví jsou v tabulce 6.1.

CZ-NACE	Nebytové budovy	Dopravní prostředky	Ostatní stroje a zařízení	Základní stádo
Rostlinná a živočišná výroba, myslivost a související činnosti	45	15,93	14,72	4
Lesnictví a těžba dřeva		14,58	12,70	
Rybolov a akvakultura		15,27	12,65	

Tab. č. 6.1: Průměrné životnosti τ vybraných aktiv v CZ-NACE A v letech
(Zdroj: ČSÚ)

Pro rovnici (6.8) je, stejně jako v oficiální statistice, využita log-normální vyřazovací funkce. Pro implementaci do simulačního softwaru Vensim bylo nutné aproximovat Gaussovu chybovou funkci $erf(x)$. K tomuto byla využita aproximace podle Winitzki (2003, s. 784-785), kde konstanta $a = 0,147$ vede k relativní chybě menší než 0,00013 (Winitzki, 2008, s. 2)³¹:

$$erf(x) \approx \frac{x}{|x|} \sqrt{1 - e^{\left(\frac{-x^2 \cdot \frac{4}{\pi} + ax^2}{1+ax^2}\right)}}. \quad (6.9)$$

Třetí testovanou variantou byl agregovaný čistý stav do jedné stavové proměnné pro každou životnost z_j se SFK vypočítanou podle rovnice (6.11), tedy podobně jako v kapitole 5 při výpočtu SFK při geometrickém profilu (4.10):

³¹ Alternativním přístupem je zanesení tabulkových hodnot pomocí LOOKUP funkce. Použitý přístup se však jevil výhodnější při počátečním ladění modelu.

$$k_{jT} = \int_{T_0}^T (htfk_j - d_{jt}) dt + k_{jT_0}, \quad (6.10)$$

$$d_j = \frac{2k_j}{z_j + 1}. \quad (6.11)$$

Tento model byl sestaven pro nebytové budovy, dopravní prostředky, stroje a zařízení a základní stádo. Tato aktiva v roce 2010 představovala 95,6 % čistého stavu fixního kapitálu v sekci A klasifikace CZ-NACE – Zemědělství, lesnictví a rybářství (ČSÚ, 2012b). Na rozdíl od národních účtů, kde dle standardu ESA 95 (s. 167) není pro zvířata základního stáda SFK počítána, ve vytvořeném modelu byl pro ně pokles čistého stavu počítán stejně jako pro ostatní aktiva. Ačkoli u zvířat základního stáda nelze hovořit o opotřebení či zastarávání (viz definice spotřeby fixního kapitálu), předpoklad konstantní ceny v průběhu celého života zvířete není v souladu s ekonomickou realitou. Výpočet pomocí modelu s fixním zpožděním (rovnice (6.3) a (6.4)) vede k odhadu čistého stavu a SFK, který odpovídá hodnotám získaným standardní metodou PIM. Průměrná absolutní procentuální chyba³² *MAPE* je v tomto případě pro čistý stav za roky 1995 až 2010 na úrovni 0,28 % a pro SFK za stejné období je tato hodnota dokonce 0,00057 %, tento rozdíl je možné přičíst zaokrouhlovacím rozdílům a rozdílům při výpočtu hodnot distribuční funkce log-normálního rozdělení.

Model s materiálovým zpožděním prvního řádu (rovnice (6.5) a (6.6)) vede k odhadu čistého fixního kapitálu, který je ve stejném období v průměru o 6,58 % vyšší oproti standardní PIM. SFK získána z tohoto odhadu je v průměru o 1,08 % nižší.

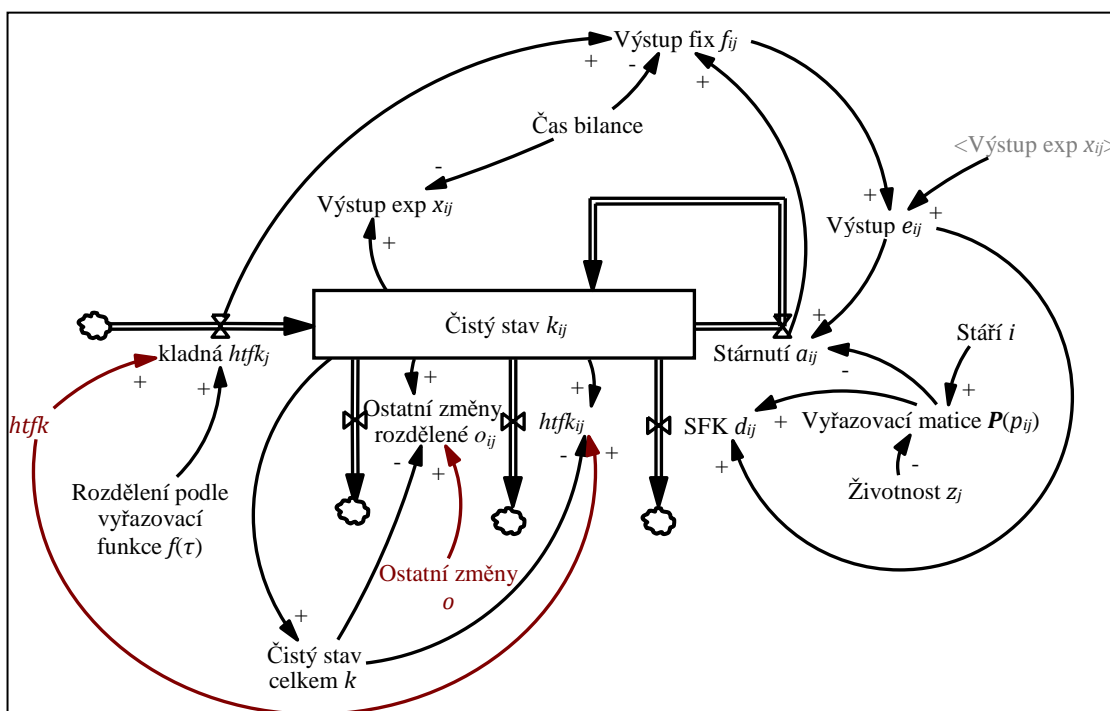
U agregovaného modelu podle vzorců (6.10) a (6.11) bylo srovnání provedeno s PIM využívající geometrický profil (kapitola 5). V tomto případě je odhad čistého stavu za období 1995 – 2010 v průměru o 7,44 % vyšší a SFK o 11,51 % nižší, což je dáno především nevyžitím řetězce stárnutí.

Po úspěšném převedení standardní PIM na model systémové dynamiky byly ze vstupního toku investic odečteny ostatní změny, které byly na základě doporučení v závěru kapitoly 5 rozděleny podle věkové struktury. Díky této úpravě ostatní změny nevystupují jako nové aktivum (obvykle se zápornou hodnotou), ale jejich stáří je odhadnuto na základě věkové struktury celého stavu. Tato změna se neprojeví na změně čistého stavu v daném roce, dojde však k méně výrazné změně SFK v následujících letech (např. ztráty z povodní zachycené podobně jako nové aktivum představují

³² Ukazatel *MAPE* v tomto případě nevyjadřuje chybu, ale odchylku jednotlivých odhadů.

výraznější pokles SFK, než v případě jejich rozdělení do věkových kategorií). Stejným způsobem byla odhadnuta struktura pro záporné HTFK (tedy ne pro všechny prodeje aktiv, ale pouze v případě, že prodeje přesáhly nákupy).

Maximální životnosti m byly stanoveny stejně jako v případě ČSÚ na 99,5 percentil. To v případě nebytových budov znamená 106 let. Proto byly z praktických důvodů proměnné ve využitém řetězci stárnutí definovány jako vektory (v SW Vensim pomocí tzv. subskriptů). Obrázek 6.3 zachycuje finální podobu diagramu stavů a toků. Exogenní proměnné hrubá tvorba fixního kapitálu a ostatní změny jsou vyznačeny červeně.



Obr. č. 6.3: Diagram stavů a toků čistého stavu fixního kapitálu – finální podoba

Čas bilance v diagramu 6.3 je konstanta představující čas strávený v jedné věkové kategorii, tedy jeden rok. Vyřazovací matice P je matice obsahující podíly spotřebovaných aktiv p_{ij} . Ostatní změny o jsou rozděleny do věkových kategorií o_{ij} pomocí vzorce (6.12) a (6.13), vzhledem k tomu, že v navrženém modelu jsou ostatní změny jako výstupní tok, musí dojít k otočení znamének:

$$o_{ij} = \min(-o, k) \cdot \frac{k_{ij}}{k}, \quad \text{když } o < 0, \quad (6.12)$$

$$o_{ij} = -o \cdot \frac{k_{ij}}{k}, \quad \text{když } o \geq 0. \quad (6.13)$$

Stejně tak pro úmyslné snižování stavu fixního kapitálu (záporná HTFK):

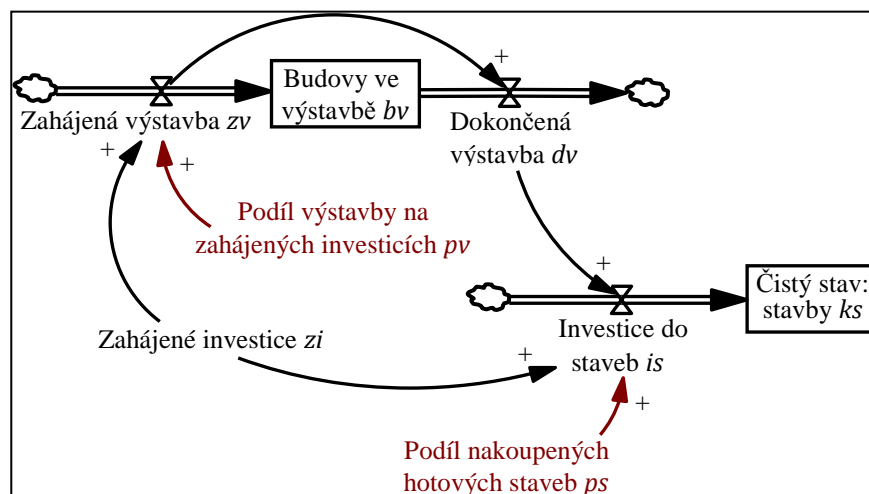
$$htfk_{ij} = \min(-htfk, k) \frac{k_{ij}}{k}, \quad \text{když } htfk < 0, \quad (6.14)$$

$$htfk_{ij} = 0, \quad \text{když } htfk \geq 0. \quad (6.15)$$

Kladná HTFK vstupuje do první věkové kategorie fixního kapitálu (toková proměnná $htfk_j$) a je rozdělena pomocí vyřazovací funkce na skupiny podle životnosti z_j . Rovnice (6.12) až (6.15) nemají smysl pro třetí variantu výpočtu, kde je stav kapitálu rozdělen pomocí vyřazovací funkce, ale nevyužívá řetězec stárnutí (rovnice (6.10) a (6.11)) a neobsahuje tedy věkovou strukturu.

6.4 Investiční výstavba

Investiční výstavba je v dynamickém modelu vyjádřena materiálovým zpožděním (kapitola 3.9). Na obrázku 6.4 je diagram stavů a toků zachycující strukturu investiční výstavby a její vliv na celkové investice do staveb, které jsou součtem investic do celých hotových staveb (nákup použitých aktiv a bezúplatná předání aktiv) a dokončených staveb³³.



Obr. č. 6.4: Diagram stavů a toků – investiční výstavba

Jako podkladová data posloužily údaje Českého statistického úřadu z dotazníku Stav 7-99 Hlášení o dokončení stavby nebo bytu, který je vyplňován stavebními úřady za budovy, kterým bude přiděleno číslo popisné nebo evidenční, další možností jsou

³³ Dokončená stavba může být zavádějící termín. Nemusí se jednat o zcela dokončenou stavbu, ale o postupné dokončování stavby, což odpovídá i pohledu normy statistiky národních účtů ESA 1995 (s. 74- 76).

stávající budovy, kde vznikl byt, a budovy dražší než 50 milionů Kč v areálu, který již popisné nebo evidenční číslo přidělené má (ČSÚ, 2012c)³⁴.

Údaje z tohoto dotazníku neposkytují přímo informaci o délce výstavby, ale rozmezí dvou souvisejících právních úkonů: měsíc a rok udělení stavebního povolení a měsíc a rok kolaudace. Pro potřeby této práce bylo nutné databázi pro STAV 7-99 propojit s databází Registru ekonomických subjektů RES přes identifikační číslo subjektu, aby údaje o výstavbě mohly být propojeny s odvětvím činnosti, která je standardním ukazatelem RESu (ČSÚ, 2012c)

Byla použita data za roky 2005 – 2011, pro zemědělské budovy v rámci všech odvětví a naopak všechny druhy budov v NACE A. Na základě tohoto filtru vznikl soubor 226 budov. Tento soubor byl dále očištěn o odlehlá pozorování (s dobou mezi povolením a kolaudací, která ležela od horního kvartilu dále než násobek 1,5 mezikvartilového rozpětí) a o pozorování se stejnou hodnotou u obou časových údajů (nulová doba výstavby obvykle představuje obnovené stavební řízení). Tímto způsobem byl soubor zmenšen na 203 budov.

Z údajů pak byla stanovena cenou vážená průměrná doba výstavby na $\bar{x} = 1,72$ let se směrodatnou odchylkou $s = 1,24$. Pomocí rovnice (3.25) byl vypočítán řád zpoždění $n = 2$. Dokončená výstavba (dv je získána podle vzorce (6.16) a (6.17), kde zv je započatá výstavba a pv je podíl výstavby na zahájených investicích zi :

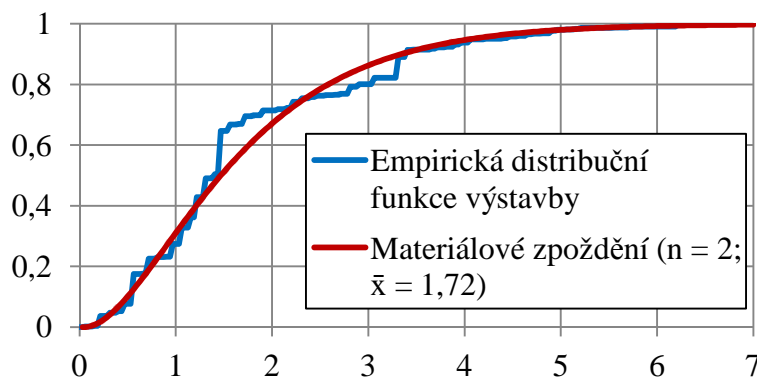
$$zv = pv \cdot zi, \quad (6.16)$$

$$dv = \text{DELAY } N(zv, 1,72, 0, 2). \quad (6.17)$$

Na obrázku 6.5 je srovnání empirické distribuční funkce a distribuční funkce použitého materiálového zpoždění.

Pro určení podílu výstavby na zahájených investicích však není možné použít informace ze statistiky HTFK o nových stavbách. Tento údaj představuje výstup z modelovaného zpoždění, pro odhad podílu na zahájených investicích je však nutné získat vstupní tok do tohoto zpoždění.

³⁴ Podle specifikace budov v § 3, odstavci 1 zákona 151/1997 Sb. o oceňování majetku a pravidel pro udělování čísel popisných a evidenčních v § 31 zákona 128/2000 Sb. o obcích tedy dotazník nebude obsahovat budovy pod hraniční hodnotou 50 mil v areálu s číslem popisným/evidenčním (což může být častý případ v rámci nejrůznějších statků atp.) a příslušenství budov.



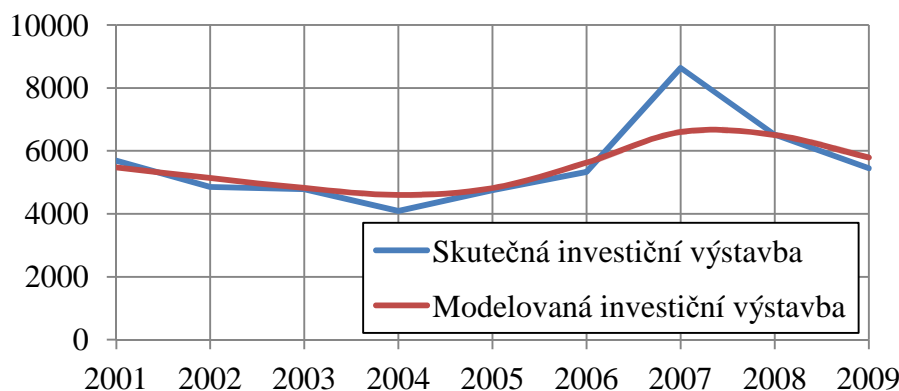
Obr. č. 6.5: Distribuční funkce doby výstavby
(Zdroj: ČSÚ a vlastní výpočet)

K tomuto účelu byl zkonstruován jednoduchý model materiálového zpoždění 2. řádu s průměrnou dobou zpoždění $\bar{x} = 1,72$ let. Vstupní tok in v čase t se skládal z v čase posunutých časových řad HTFK nových staveb ns (v čase zpět, tzn. například investice v roce 2005 jako vstup 2004, 2003...) násobených váhou v :

$$in_t = \sum_{j=0}^7 v_j \cdot ns_{t+j}, \quad (6.18)$$

$$\sum_{j=0}^7 v_j = 1. \quad (6.19)$$

Váhy byly odhadnuty pomocí Powellovy optimalizace pro parametrizaci implementované v softwaru Vensim podle pravidel v rovnici (6.18) a (6.19). Výsledkem této implementace byly váhy $v_1 = 0,69$ a $v_2 = 0,31$. Pomocí tohoto odhadu jsou dosaženy výsledky za období 2001 až 2009, pro které byla optimalizace provedena, s $MAPE = 6,6$ %. Na obrázku 6.6 je srovnání skutečné HTFK nových staveb a modelovaný tok stejné veličiny.



Obr. č. 6.6: Investiční výstavba, miliony Kč v cenách roku 2005
(Zdroj: ČSÚ a vlastní výpočet)

Podíl výstavby na zahájených investicích je stejně jako podíly druhů aktiv exogenní proměnou. Započatá výstavba je počítána pouze v případě, že jsou investice do staveb kladné. Pro zjednodušení v modelu nedochází k prodeji nedokončených staveb subjektům mimo zkoumané odvětví.

6.5 Potenciální produkce a požadovaný kapitál

Rozvojová část investic na obrázku 6.1 vyjadřuje reakci v investičním chování na očekávanou poptávku po produkci odvětví zemědělství, lesnictví a rybolovu. Zde je nutné vycházet ze srovnání potenciální a požadované produkce – v případě „překapitalizace“ nedochází k růstu investic ani v případě očekávání nárůstu poptávky, potřebný kapitál již existuje, ale je nevyužit a obvykle postupně rozprodáván.

Senge (1972, s. 390-392) používá k vyjádření potenciální produkce ze stávajícího kapitálu statistiku využití výrobních kapacit. Tuto statistiku poskytuje ČSÚ (2013a) pouze pro zpracovatelský průmysl. Tento přístup navíc nezohledňuje požadovanou rezervu. Dá se předpokládat, že firmy nemají za cíl 100% využití kapacit, ale stav kapitálu má také tlumící/stabilizační účinek (viz vliv stavových proměnných na chování systému v kapitole 3.7) v případě náhlých výkyvů poptávky nebo výpadku části výrobních kapacit.

Pro potřeby dynamické investiční funkce v NACE A byl využit postup pro odhad potenciální produkce, který je standardně doporučován v zemích OECD (Giorno *et al.*, 1995, s. 169-173; Brandner *et al.*, 1998, s. 7-10). Tento přístup využívá Cobb-Douglasovu produkční funkci, kde l představuje množství práce, k stav čistého fixního kapitálu, a souhrnnou produktivitu faktorů a y produkt³⁵:

$$y_t = a_t l_t^\alpha k_t^\beta. \quad (6.20)$$

Množství práce l je vyjádřeno odpracovanými hodinami, y je za celou ekonomiku vyjádřeno hrubým domácím produktem, za odvětví pak hrubou přidanou hodnotou. Při využití Solowova (1957, s. 313) zjednodušení předpokládajícím konstantní výnosy z rozsahu je možné souvislost mezi elasticitou produktu ve vztahu k práci α a kapitálu β vyjádřit rovnicí (6.21). Jako koeficient α je pak možné vedle hodnot získaných

³⁵ Zde je vhodné zmínit, že Cobb-Douglasova produkční funkce v této podobě trpí nedostatkem míchání tokových (produkce, práce) a stavových (kapitál) ukazatelů. Například Sixta *et al.* (2011) se toto pokouší ve své práci řešit nahrazením stavu kapitálu tokem kapitálových služeb a použitím srovnatelného ukazatele služeb práce, zde však přibývají další odhady očekávaných budoucích výnosů z aktiv.

statistickou analýzou použit podíl náhrad zaměstnancům na přidané hodnotě (Giorno *et al.*, 1995, s. 171, Sixta, Vltavská a Zbranek, 2011, s. 608).

$$\beta = 1 - \alpha. \quad (6.21)$$

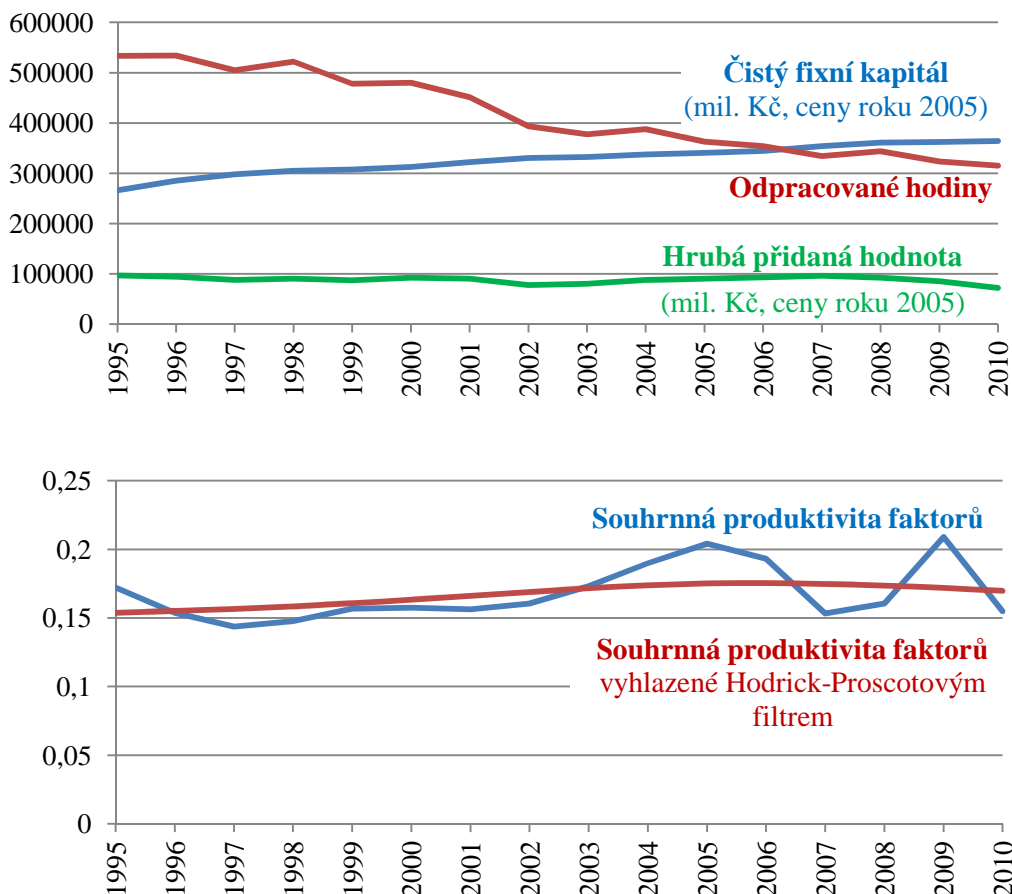
Souhrnná produktivita faktorů a představuje v podstatě jakoukoli změnu v produktivitě, kterou nelze vysvětlit změnou l či k (Solow, 1957, s. 312), jedná se tedy u vyjádření technologického pokroku, změny struktury poptávky a produkce, zahrnuje i substituci faktorů práce a kapitálu, ale i vliv počasí atp. Ne náhodou proto Abramovitz (1993, s. 218, přel. autor) mluví o souhrnné produktivitě faktorů jako „míře neznalosti“.

Potenciální produkce je pak získána dosazením údajů o stavu fixního kapitálu, potenciální zaměstnanosti l_t^* a souhrnné produktivitě faktorů vyhlazené pomocí Hodrick-Prescottova filtru do rovnice (6.20) (Giorno *et al.*, 1995, s. 173). V Hodrick-Prescottově filtru v rovnici (6.22) je y_t^* potenciální produkt (v případě odvětví potenciální přidaná hodnota). Parametr λ je závislý na časovém kroku v časové řadě, pro roční údaje použité pro tuto práci byla použita doporučená hodnota $\lambda = 100$ (Brandner *et al.*, 1998, s. 10).

$$\text{Min} \left(\sum_{t=1}^T (\ln y_t - \ln y_t^*)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(\ln y_{t+1}^* - \ln y_t^*) - (\ln y_t^* - \ln y_{t-1}^*)] \right). \quad (6.22)$$

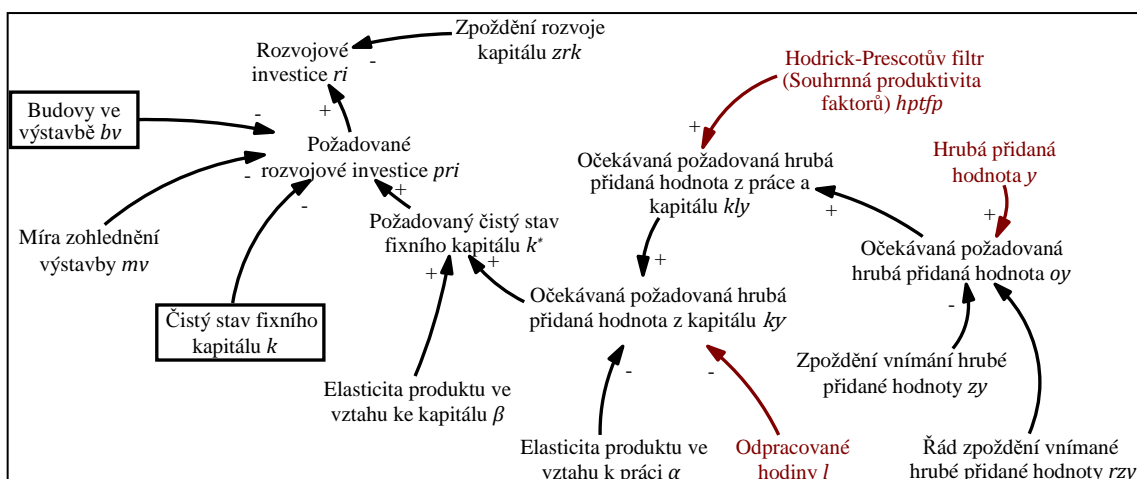
Na obrázku 6.7 je příklad souhrnné produktivity faktorů vyhlazené pomocí Hodrick-Prescottova filtru, výpočet byl proveden pomocí statistického softwaru R podle Farnsworth (2008, s. 26). V horní části obrázku jsou proměnné z Cobb-Douglasovy produkční funkce. Pro fixní kapitál jsou v tomto příkladě použita data získaná při aplikaci lineárního profilu SFK. Souhrnná produktivita faktorů v dolním grafu je získána z rovnic (6.20) a (6.21) při $\alpha = 0,48$ (průměr let 2000 až 2010).

Jak napovídá dolní část obrázku 6.7, potenciální produkci lze v tomto pojetí chápat jako standard či normu, nejedná se o maximální možnou hodnotu. Produkční mezera (rozdíl mezi potenciální a aktuální produkcí) může být kladná i záporná. Dochází tedy k situacím, kdy reálná produkce dosahuje vyšší hodnoty než je produkce potenciální. Hodrick-Prescottův filtr má vyhlazovací funkci, při tvorbě národního modelu, kde by produktivita i odpracované hodiny byly endogenními proměnnými, lze doporučit například využití informačního zpoždění, které má podobný dopad.



Obr. č. 6.7: Souhrnná produktivita faktorů a proměnné v Cobb-Douglasově produkční funkci v období 1995 – 2000 (Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

Na obrázku 6.8 je diagram stavů a toků vyjadřující problematiku růstových a rozvojových investic.



Obr. č. 6.8: Diagram stavů a toků – investiční výstavba

Očekávaná požadovaná hrubá přidaná hodnota oy je vypočítána pomocí informačního zpoždění řádu rzy , kde $py = 57984$ (mil. Kč v cenách roku 2005) je počáteční hodnota hrubé přidané hodnoty, která byla stanovena jako pětiletý klouzavý průměr:

$$oy = \text{SMOOTH } N(y, zy, py, rzy). \quad (6.23)$$

Požadovaný čistý stav kapitálu k^* byl získán z rovnice (6.20):

$$kly = \frac{oy}{hptfp}, \quad (6.24)$$

$$ky = \frac{kly}{l^\alpha}, \quad (6.25)$$

$$k^* = \sqrt[\beta]{ky}, \quad (6.26)$$

Požadované rozvojové investice pri jsou rozdílem mezi k^* a skutečným čistým stavem fixního kapitálu k , navíc sníženým o již probíhající výstavbu bv . Snížení o celou hodnotu budov bv ve výstavbě by předpokládalo nejen jistou úroveň racionality investorů, ale i dostatečnou informovanost a navíc jejich spolupráci. Odečtení celé hodnoty bv lze předpokládat při modelování investičního rozhodování jediného subjektu, pro celé odvětví je však násobeno mírou zohlednění výstavby mv :

$$pri = k^* - k - mv \cdot bv. \quad (6.27)$$

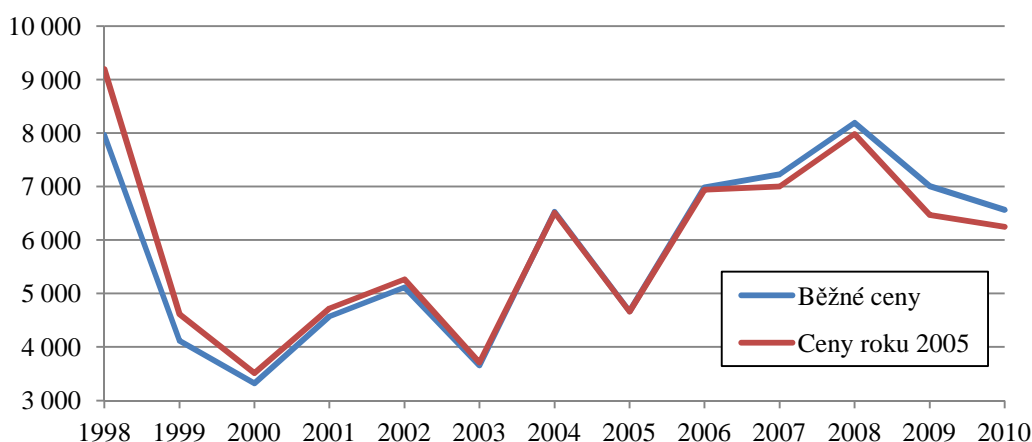
Z rovnice (6.27) je zřejmé že pri může dosahovat i záporných hodnot. To jsou již zmíněné prodeje majetku případně jeho neobnovení (snížení kompenzace SFK) v případě vyššího aktuálního než požadovaného stavu kapitálu. Lze předpokládat, že rozvojové investice ri nebudou představovat okamžité uplatnění pri , ale postupně rozpouštěny. Vzhledem k tomu, že jsou rozvojové investice součástí celkových investic, i dimenzionální analýza vede k použití zpoždění rozvoje kapitálu zrk (k^* , k i bv jsou v milionech Kč, investice jsou tokem v milionech Kč za rok):

$$ri = \frac{pri}{zrk}. \quad (6.28)$$

Odhad chybějících proměnných (řád zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty rzy , zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty zy , míra zohlednění výstavby mv a zpoždění rozvoje kapitálu zrk) bude vysvětlen dále.

6.6 Dotace a multiplikační efekt

Podkladová data pro exogenní proměnnou „investiční dotace“ *id* byla získána z práce Medonos *et al.* (2012, s. 36-38)³⁶. Tato data zahrnují investiční dotace za období 1998 až 2010 z nejrůznějších zdrojů (podpora investičních úvěrů z PGRLF, SAPARD, PRV³⁷, modernizace dotované z operačních programů atp.). Pro potřeby modelu investiční funkce byly údaje převedeny na ceny roku 2005 pomocí objemových indexů pro HTFK v NACE A (ČSÚ, 2012b). Investiční dotace v běžných a stálých cenách jsou na obrázku 6.9.



Obr. č. 6.9: Investiční dotace, mil. Kč (zdroj: Medonos *et al.* (2012) a vlastní výpočet)

Investiční dotace jsou poskytovány pouze na část investice. Například zemědělec starší 40 let nepůsobící ve znevýhodněné oblasti může v rámci podopatření „Modernizace zemědělských podniků“ získat dotaci až do výše 40 % investice (MZE, 2007, s. 60-61), celková hodnota investice tedy v tomto případě činí nejméně 2,5násobek investiční dotace. Tento násobek může být ještě vyšší, pakliže je dotované aktivum součástí většího již nedotovaného podnikatelského záměru.

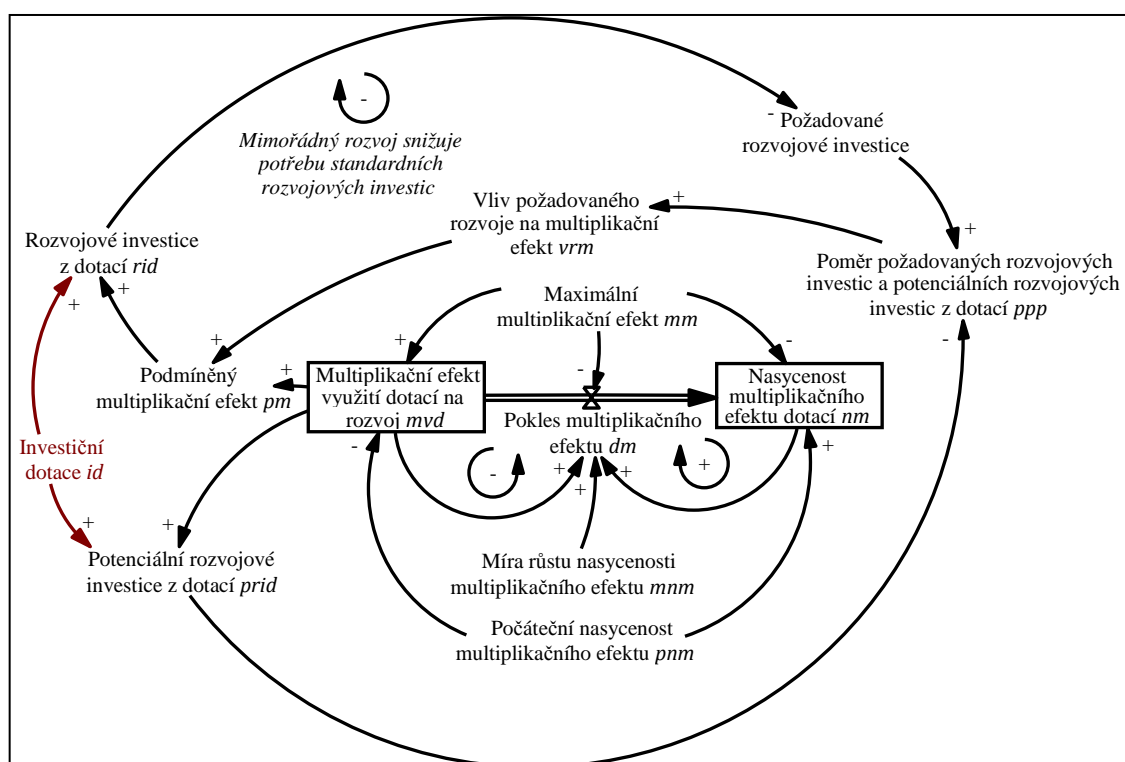
V rámci modelu dynamické investiční funkce je předpokládáno počáteční navýšení investic z důvodů investičních dotací. Toto navýšení však může trvat jen omezenou dobu, protože je provázeno rostoucí zadlužeností investorů. Proto se postupně investiční dotace využívají jako finanční zdroj pro kompenzaci SFK *d* nebo standardní rozvojové investice *ri*.

³⁶ Konkrétní číselné údaje nenacházející se v citovaném článku poskytl jeho autor.

³⁷ Podpůrný Garanční Rolnický a Lesnický Fond, Special Accession Programme for Agriculture and Rural Development a Program Rozvoje Venkova

Výše popsaný jev je modelován prostřednictvím multiplikačního efektu. Pro průběh multiplikačního efektu byly testovány různé druhy funkcí (exponenciální ubývání, mocninná funkce, lineární funkce, konstantní vliv dotací), při finálním odhadu parametrů bylo dosaženo nelepších výsledků použitím obrácené S-křivky (MAPE o 2,5 % nižší oproti druhé nejlepší).

Na obrázku 6.10 je diagram stavů a toků vlivu dotací na investiční chování. Použitá S-křivka je základní struktura, která vyžaduje minimální množství ve druhé stavové proměnné (Sterman, 2000, s. 296-332) v tomto případě nasycenosti multiplikačního efektu dotací nm .



Obr. č. 6.10: Diagram stavů a toků – vliv dotací na investiční chování

Multiplikační efekt využití dotací na rozvoj mvd začíná v roce 1998 na úrovni maximálního multiplikačního efektu sníženého o nasycenost tohoto multiplikačního efektu, celý výpočet je sestaven na základě Sterman (2000, s. 302):

$$mvd_T = \int_{T_0}^T -dm dt + mm \cdot (1 - pnm)_{T_0}, \quad (6.29)$$

$$nm_T = \int_{T_0}^T dm dt + mm \cdot pnm_{T_0}, \quad (6.30)$$

$$dm = mvd \cdot mnm \cdot \frac{nm}{mm}. \quad (6.31)$$

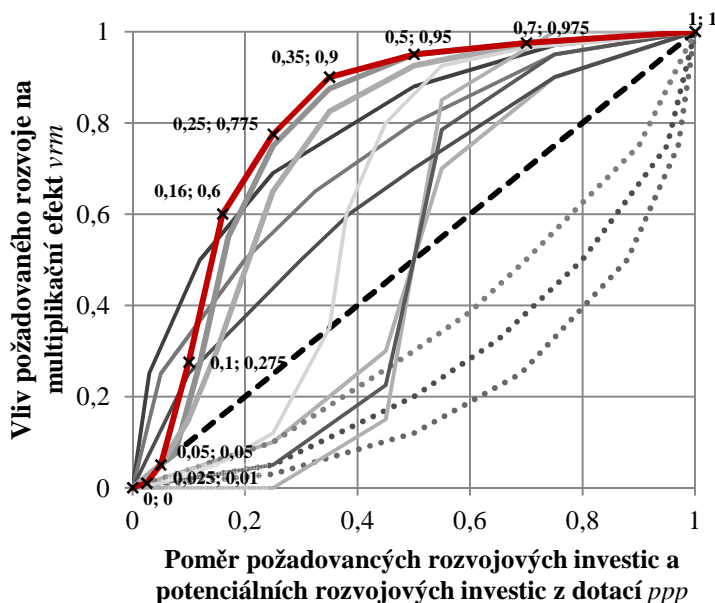
Multiplikační efekt navíc účinkuje pouze v případě, že jsou požadované rozvojové investice pri kladné. Při poklesu pri pod úroveň potenciálních rozvojových investic z dotací $prid$ klesá i multiplikační efekt. Pro zachycení postupného tlumení multiplikačního efektu (vliv požadovaného rozvoje na multiplikační efekt vrn) byla použita grafická funkce LOOKUP pro poměr mezi požadovaným a potenciálními rozvojovými investicemi z dotací ppp :

$$prid = id \cdot mvd, \quad (6.32)$$

$$ppp = \frac{pri}{prid}. \quad (6.33)$$

Samotná grafická funkce byla vybírána z několika variant (obrázek 6.11). Minimální hodnota byla vždy 0, maximální 1, výchozí funkcí byla lineární funkce, která vyjadřovala tlumení multiplikačního efektu odpovídající ppp^{38} .

$$vrn = \max(\min(ppp, 1), 0). \quad (6.34)$$



Obr. č. 6.11: Vliv požadovaných rozvojových investic na multiplikační efekt dotací

Původně byla sestavena varianta, při které byl místo potenciálních rozvojových investic z dotací odhadován parametr hranice požadovaných rozvojových investic $hpri$. Odhad

³⁸ Blíže o tvorbě grafických funkcí viz například Sterman (2000, s. 551-595).

vedl ke stanovení velice nízké hranice a chování modelu odpovídalo podmíněnému větvení s diskrétními změnami (kdy multiplikační efekt neklesal, dokud nebyly požadované rozvojové takřka rovny nule), které obvykle neodpovídá reálnému chování (Sterman, 2000, s. 547-549). Podoba tohoto modelu a jeho výstupy jsou v příloze 9.3.

Ačkoli odhad pomocí *hpri* nebyl ve finále využit, vedl ke stanovení LOOKUP funkce, kdy multiplikační efekt vlivem snižujících se požadovaných rozvojových investic klesá velmi pomalu (finální model využívá červeně zvýrazněnou funkci).

Mimořádné rozvojové investice z dotací *rid* jsou pak funkcí investičních dotací *id* a podmíněného multiplikačního efektu *pm*, který je získán z výše zmíněné grafické funkce:

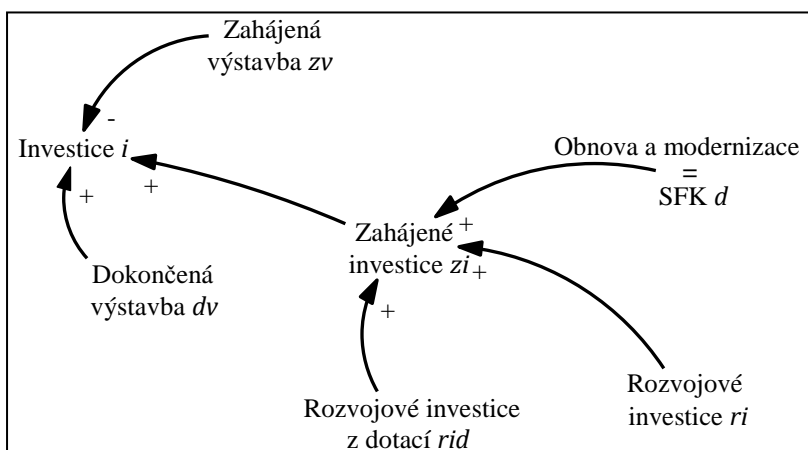
$$pm = mvd \cdot vrm, \tag{6.35}$$

$$rid = pm \cdot id. \tag{6.36}$$

Mimořádné rozvojové investice mají také zpětný dopad na výpočet požadovaných rozvojových investic *pri*. Realizace mimořádných investic z dotací snižuje potřebu standardních požadovaných rozvojových investic, proto je rovnice (6.27) dále rozšířena:

$$pri = k^* - k - mv \cdot bv - rid. \tag{6.37}$$

6.7 Parametrizovaná dynamická investiční funkce v NACE A



Obr. č. 6.12: Diagram stavů a toků – složky investic

Z diagramu stavů a toků na obrázku 6.12 je zřejmé, že celkové zahájené investice *zi* se skládají z obnovy kapitálu, která je rovna spotřebě fixního kapitálu *d*, rozvojových investic *ri* a mimořádných rozvojových investic z dotací *rid*. Samotná hodnota investic

i ještě musí zohlednit zpoždění mezi zahájením a dokončením výstavby (viz kapitola 6.4). Vztahy z digramu 6.12 jsou vyjádřeny rovnicemi (6.38) a (6.39):

$$z_i = d + r_i + r_{id}, \quad (6.38)$$

$$i = z_i - z_v + d_v. \quad (6.39)$$

V popsaném modelu investiční funkce tedy obnova probíhá bez zpoždění. Stejně tak zahájené investice *z_i* do jiných aktiv, než jsou budovy a stavby, jsou realizovány bez zpoždění (respektive se zanedbatelným zpožděním vzhledem k ročním časovým řadám podkladových údajů).

Výsledný model obsahuje řadu exogenních proměnných³⁹:

- Ostatní změny *o*
- Hrubá přidaná hodnota *y*
- Souhrnná produktivita faktorů očištěná Hodrick-Prescotovým filtrem *hptfp*
- Odpracované hodiny *l*
- Investiční dotace *id*
- Rozdělení investic do druhů aktiv (například podíl výstavby na zahájených investicích *pv* a podíl nakoupených hotových staveb *ps*)

Výpočet začíná v roce 1948. Samotná simulace investičního chování však probíhá až od roku 2000, do té doby probíhá parametrizace na základě dat získaných od ČSÚ. Tento postup je alternativou ke stanovení počáteční hodnoty v roce 2000 všem stavovým proměnným (*k_{ij}* pro každý druh aktiv) v každé variantě výpočtu, kterých je 39 021. Nastavení počátečních hodnot by neznamenovalo pouze vypsání tohoto množství konstant, ale také by nebylo možné využít adresaci v rámci subscriptů/vektorů a bylo by nutné vypsát rovnice pro výpočet každé z těchto proměnných zvlášť. Proto jsou všechny počáteční hodnoty stavových proměnných rovny nule a jsou použity umělé časové řady, které slouží pro odhad bilance fixního kapitálu pomocí PIM v období publikovaném ČSÚ (2012b).

Model navíc obsahuje sedm proměnných, pro která nebyly získány přímé datové podklady, ale byly odhadnuty:

- Míra zohlednění výstavby *mv*
- Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty *zy*
- Řád zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty *rzy*
- Zpoždění rozvoje kapitálu *zrk*

³⁹ Do zpětnovazebních smyček jsou uzavřeny proměnné, jejichž chování je nutné vysvětlit z hlediska stanoveného cíle – popis a vysvětlení investičního chování v NACE A.

- Maximální multiplikační efekt mm
- Počáteční nasycenost multiplikačního efektu pnm
- Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu mnm

Odhad těchto parametrů byl proveden pomocí Powellovy optimalizace implementované v SW Vensim (viz kapitola 3.10)⁴⁰ na základě následujících podmínek:

$$\begin{aligned}
 0 &\leq mv \leq 1, \\
 1 &\leq zy \leq 4, \\
 0 &\leq rzy \leq 15, \\
 1 &\leq zrk \leq 18, \\
 1 &\leq mm \leq 4, \\
 0,0001 &\leq pnm \leq 0,01, \\
 1 &\leq mnm \leq 2,5.
 \end{aligned}
 \tag{6.40}$$

Cílem Powellovy optimalizace bylo minimalizovat vzdálenost simulovaných investic a investic podle ČSÚ. Investice však představují tok a jsou publikovány v milionech Kč za rok. V podstatě se tedy jedná o integraci toku investic za jeden rok, průběh investiční funkce v průběhu tohoto období mohl být jakýkoli. Nejlepších výsledků bylo dosaženo minimalizací *MAPE* za období 2000-2010 počítané z údajů o investicích za celý rok

⁴⁰ Optimalizace byla použita v základním nastavení, které nabízí Vensim, jsou vypsané pouze parametry, které byly relevantní pro použitou optimalizaci, nebyl použit vícenásobný start, náhodné generování ani analýza citlivosti payoff funkce na hodnoty parametrů (Ventana, 2010, s. 251-258):

OPTIMIZER=Powell //Možnost vypnuté optimalizace je využitelná při využití vícenásobného startu, například při opakované simulaci s různými hodnotami parametrů atp.

MAX_ITERATIONS=1000 //Maximální množství iterací zajišťující, aby nedošlo k zacyklení optimalizaci.

PASS_LIMIT=2 //Kolikrát proběhne celé prohledávání Powellovým algoritmem, jedná se o změnu počátečních směrových vektorů u_i tak aby nedošlo ke změně směrů na nulovou hodnotu. Tento postup představuje jedno z řešení lineární závislosti směrových vektorů Press et al. (2002, s. 416).

FRACTIONAL_TOLERANCE=0.0003 //Slouží k určení, kdy má výpočet skončit. Výpočet probíhá, dokud jsou změny parametrů větší než (Ventana, 2010, s. 257):

$$(maxp - minp) \cdot ft,$$

kde ft je fractional tolerance, $maxp$ a $minp$ představují maximální a minimální nastavenou hodnotu hledaného parametru.

TOLERANCE_MULTIPLIER=21 //Funguje pro urychlení ukončení špatně specifikované optimalizace. Dokud je počet hledaných parametrů n větší než množství provedených iterací $iter$, jsou tolerance (v tomto případě fractional) násobeny (Ventana, 2010, s. 257):

$$\left(1 + \frac{n - iter}{n}\right) \cdot tm,$$

kde tm je tolerance multiplier.

Pro variantu modelu využívající materiálové zpoždění pro přechod kapitálu mezi věkovými kategoriemi (rovnice (6.5) a (6.6)) byl proveden test s parametry optimalizace nastavenými na čtvrtinu respektive čtyřnásobek (vždy tak, aby to vedlo k případnému zvýšení přesnosti). Toto zpřesnění nevedlo ke zlepšení výsledku.

a maximalizací Pearsonova korelačního koeficientu r mezi simulovanými a historickými údaji⁴¹ jako sekundárního kritéria s desetinnou vahou pro stejné období⁴². Odhad probíhal s časovým krokem $dt = 0,03125$, byla použita Eulerova numerická integrace.

Tabulka 6.2 obsahuje odhadnuté hodnoty pro tři testované varianty propočtu SFK a stárnutí kapitálu (pod názvy jsou odkazy na odpovídající vzorce). Všechny varianty výpočtu vedou mimo jiné k odhadu nulové míry zohlednění probíhající výstavby mv z rovnice (6.27). Jinými slovy, nejlepší výsledky jsou dosaženy, pakliže se předpokládá neinformovanost a nespolupráce (nemusí se jednat vyloženě o konkurenci) subjektů. Navíc odhad ukazuje vliv multiplikačního efektu i při velice malých požadovaných rozvojových investicích.

Parametr	Výpočet SFK a stárnutí		
	Fixní zpoždění (6.3)-(6.4)	Materiálové zpoždění (6.5)-(6.6)	Bez řetězce stárnutí (6.10)-(6.11)
Míra zohlednění výstavby	0	0	0
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	2,2020	1,8582	1,4656
Řád zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	11	11	11
Zpoždění rozvoje kapitálu	13,6106	13,4923	15,6833
Maximální multiplikační efekt	2,0997	2,1309	2,1319
Počáteční nasycenost multiplikačního efektu	0,0013	0,0005	0,0004
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu	2,0690	2,0690	2,0446

Tab. č. 6.2: Odhad parametrů investiční funkce (zaokrouhleno na 4 desetinná místa)

Základní statistiky dokumentující odhad parametrů jsou v tabulce 6.3. Průměrná procentuelní absolutní chyba a korelační koeficient ukazují na velmi dobrý odhad chování, je však nutné si uvědomit, že provedený odhad parametrů nemusí být, stejně jako například regresní analýza, důkazem kvality modelu⁴³ (Dangerfield, Roberts, 1999, s. 288), hodnoty odhadnutých parametrů mohou kompenzovat chybějící proměnné či těžko zachytitelné vlivy jako je například počasí.

⁴¹ Ačkoli r i $MAPE$ jakožto okamžikové ukazatele nejsou pro modely systémové dynamiky obecně doporučován jako nejlepší kontrola správnosti (viz Steman, 2000, s. 877-878).

⁴² Po prvních testech byl stanoven požadavek na výsledek: minimalizovat $MAPE$ a zároveň udržet Pearsonův korelační koeficient r mezi simulovanými a historickými daty větší než 0,90 pro první dvě varianty výpočtu (využívající řetězec stárnutí). Toho bylo dosaženo právě takto zvolenými vahami.

⁴³ Z hlediska kauzality a vysvětlení struktury a tedy i chování systému investiční funkce.

Ukazatel	Výpočet SFK a stárnutí		
	Fixní zpoždění	Materiálové zpoždění	Bez řetězce stárnutí
<i>MAPE</i> (%)	5,32	4,36	5,65
Pearsonův korelační koeficient <i>r</i> mezi simulovanými a historickými daty (v závorce <i>p</i> -hodnota)	0,94 (0,000016)	0,90 (0,000188)	0,76 (0,006446)
Odmocnina ze střední čtvercové chyby odhadu <i>RMSE</i> (mil Kč)	1 399	1 309	1 938
Theilova statistika nerovnosti:	<i>U^M</i>	0,2114	0,1334
	<i>U^S</i>	0,4913	0,1987
	<i>U^C</i>	0,2973	0,6679

Tab. č. 6.3: Základní charakteristiky odhadu dynamické investiční funkce

Theilova statistika nerovnosti vychází ze střední čtvercové chyby odhadu *MSE*⁴⁴. Sterman (1984, s. 54; 2000, s. 875-876) ji doporučuje pro určení zdroje této chyby. Vysoké *U^M* naznačuje rozdíl v úrovni hodnot⁴⁵, *U^S* vyjadřuje rozdíl ve varianci⁴⁶ a *U^C* představuje nerovnost v kovarianci⁴⁷ (více k interpretaci Theilovy statistiky nerovnosti v SD modelech viz Sterman, 1984, s. 54-56). Tato statistika byla využívána při ladění modelu, s její pomocí byly určeny zdroje potíží a postupně vzniklo současné řešení využívající multiplikační efekt investičních dotací a parametrizaci řádu zpoždění vnímaní vnímané hrubé přidané hodnoty. Je však třeba si uvědomit, že není cílem dosáhnout rovnováhy mezi jednotlivými složkami (jedna z položek může být mnohokrát vyšší než ostatní i například v případě *MAPE* = 0,01).

⁴⁴ Jednotlivé položky Theilovy statistiky nerovnosti jsou vypočteny podle následujících vzorců (Sterman, 2000, s. 875):

$$U^M = \frac{\bar{x}_s^2 - \bar{x}_h^2}{MSE},$$

$$U^S = \frac{s_s^2 - s_h^2}{MSE},$$

$$U^C = \frac{2(1-r)s_s s_h}{MSE},$$

přičemž platí:

$$U^C = \frac{2(1-r)s_s s_h}{MSE}.$$

Kde x_s představuje výstupní hodnoty ze simulace, x_h historická data, s_s a s_h jsou odpovídající směrodatné odchylky a r je korelační koeficient mezi simulovanými a historickými daty.

⁴⁵ $U^M = 1$ znamená stejný průběh obou proměnných ovšem na jiné úrovni hodnot (obvykle to znamená chybu v konstantě jako je např. absolutní člen při lineární regresi)

⁴⁶ Jiná amplituda, respektive stejný průměr, ale jiný rozsah hodnot.

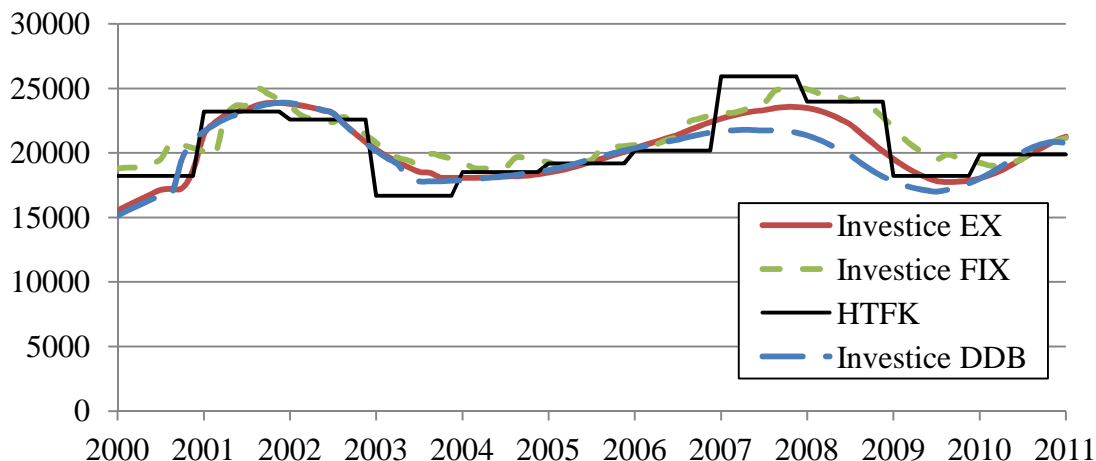
⁴⁷ Běžně posun amplitudy v čase.

Analýza citlivosti byla provedena pro všechny odhadované parametry z tabulky 6.2. Všem těmto konstantám byla změněna hodnota o $\pm 5\%$ a $\pm 10\%$. Nejvyšší citlivost na změnu parametru z hlediska změny *MAPE* model vykazuje u míry růstu nasycenosti multiplikačního efektu a zpoždění vnímání hrubé přidané hodnoty. Jak je možné vidět v tabulce 6.4, nejedná se o zásadní nárůst tohoto ukazatele, ani průběh investiční funkce se zásadně nemění. Příklad grafického znázornění výstupu citlivostní analýzy je v příloze 9.4. Nejcitlivěji reagovala z hlediska změny *MAPE* vzhledem k 10% změně parametrů funkce s fixním zpožděním, naopak funkce nevyužívající řetězec stárnutí reagovala na tuto změnu nejméně citlivě. Byly také testovány další grafické funkce pro vyjádření vlivu požadovaných rozvojových investic na multiplikační efekt investičních dotací (všechny funkce na obr. 6.12, které nejsou tečkované), největší nárůst *MAPE* byl naměřen při použití lineární funkce (6.34).

Parametr	Výpočet SFK a stárnutí		
	Fixní zpoždění	Materiálové zpoždění	Bez řetězce stárnutí
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (+10 %)	7,59	5,21	6,00
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (+5 %)	7,23	4,69	5,82
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (-5 %)	5,93	4,53	5,67
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (-10%)	6,44	4,84	5,80
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (+10 %)	7,37	4,99	6,31
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (+5 %)	7,13	4,64	5,99
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (-5 %)	6,29	4,96	6,04
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (-10%)	6,58	5,58	6,45
Průměrný násobek <i>MAPE</i> při $\pm 10\%$ změně parametrů	1,28	1,10	1,06
Lineární grafická funkce z obrázku 6.11	7,07	5,15	6,85

Tab. č. 6.4 MAPE (%): Citlivostní analýza, nejcitlivější proměnné

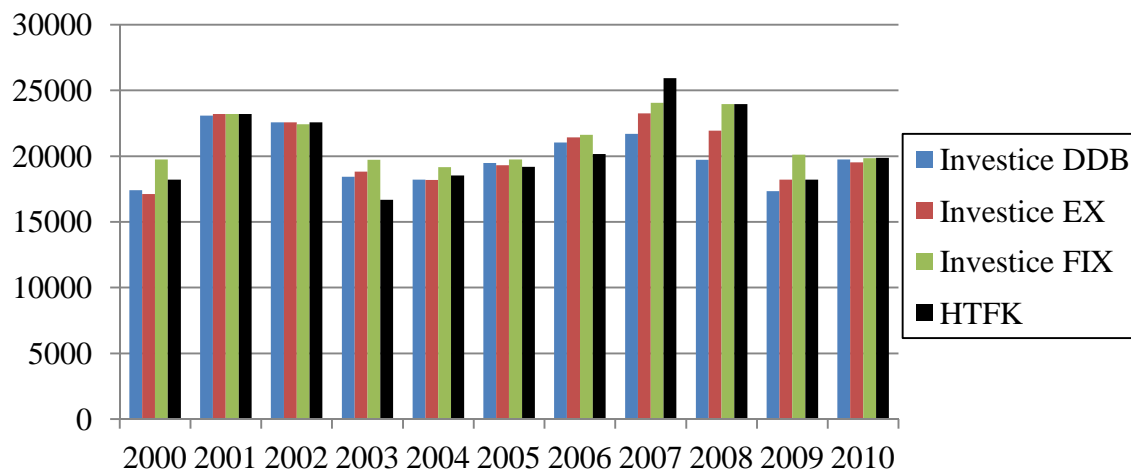
Na obrázku 6.13 je srovnání investic od ČSÚ (2012b) a odhadu investic pomocí odvozené dynamické investiční funkce.



Obr. č. 6.13: Investice v letech 2000-2010, mil. Kč v cenách roku 2005
(Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

Údaje ČSÚ jsou označeny HTFK, model využívající fixní zpoždění pro modelování stárnutí aktiv a SFK je označen FIX, varianta s materiálovým zpožděním prvního řádu je označena EX, varianta nevyužívající řetězec stárnutí pak DDB. Časová osa zachycuje roky jako reálné číslo, například rok 2010 je tedy vyjádřen rozmezím 2010-2011.

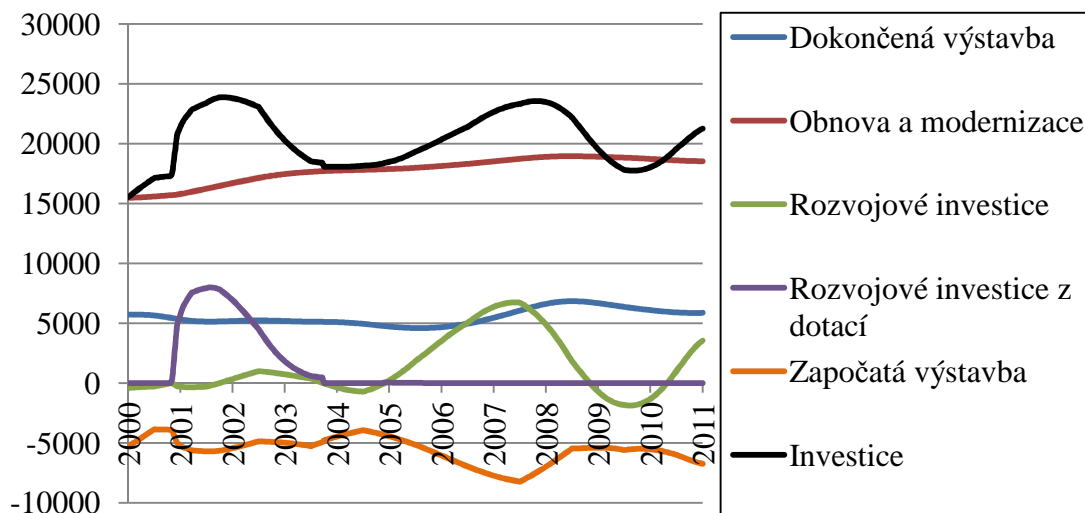
Obrázek 6.14 opět zachycuje investice ve stejném období, s tím rozdílem, že se jedná o investice za rok (vždy určitý integrál od počátku roku do jeho konce).



Obr. č. 6.14: Roční investice v období 2000-2010, mil. Kč v cenách roku 2005 (Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

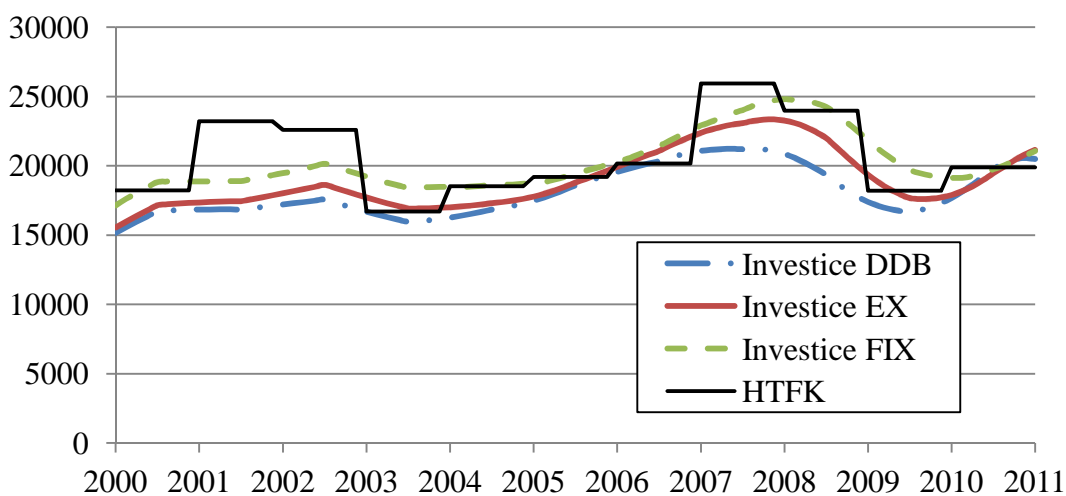
Obrázek 6.15 zachycuje základní složky investiční funkce z modelu s nejnižším MAPE (varianta s materiálovým zpožděním). Interpretace časové osy je stejná jako u obrázku 6.13. Je zřejmé, že základní složku investic tvoří obnova fixního kapitálu, dynamické chování jako je růst či pokles je však dán především rozvojem podle struktury z kapitoly 6.5.

Obrázek 6.15 nenaznačuje, že investiční dotace po roce 2004 nemají význam, pouze přestal působit multiplikační efekt a jsou využívány pro standardní rozvojové investice a obnovu a modernizaci. První nárůst investic v letech 2001 a 2002 je způsoben navýšením investičních dotací v kombinaci s jejich ještě nenasyčeným multiplikačním efektem. Naopak nárůst čerpání investičních dotací v letech 2006-2008 je kromě jiného způsoben zvýšenou potřebou fixního kapitálu.



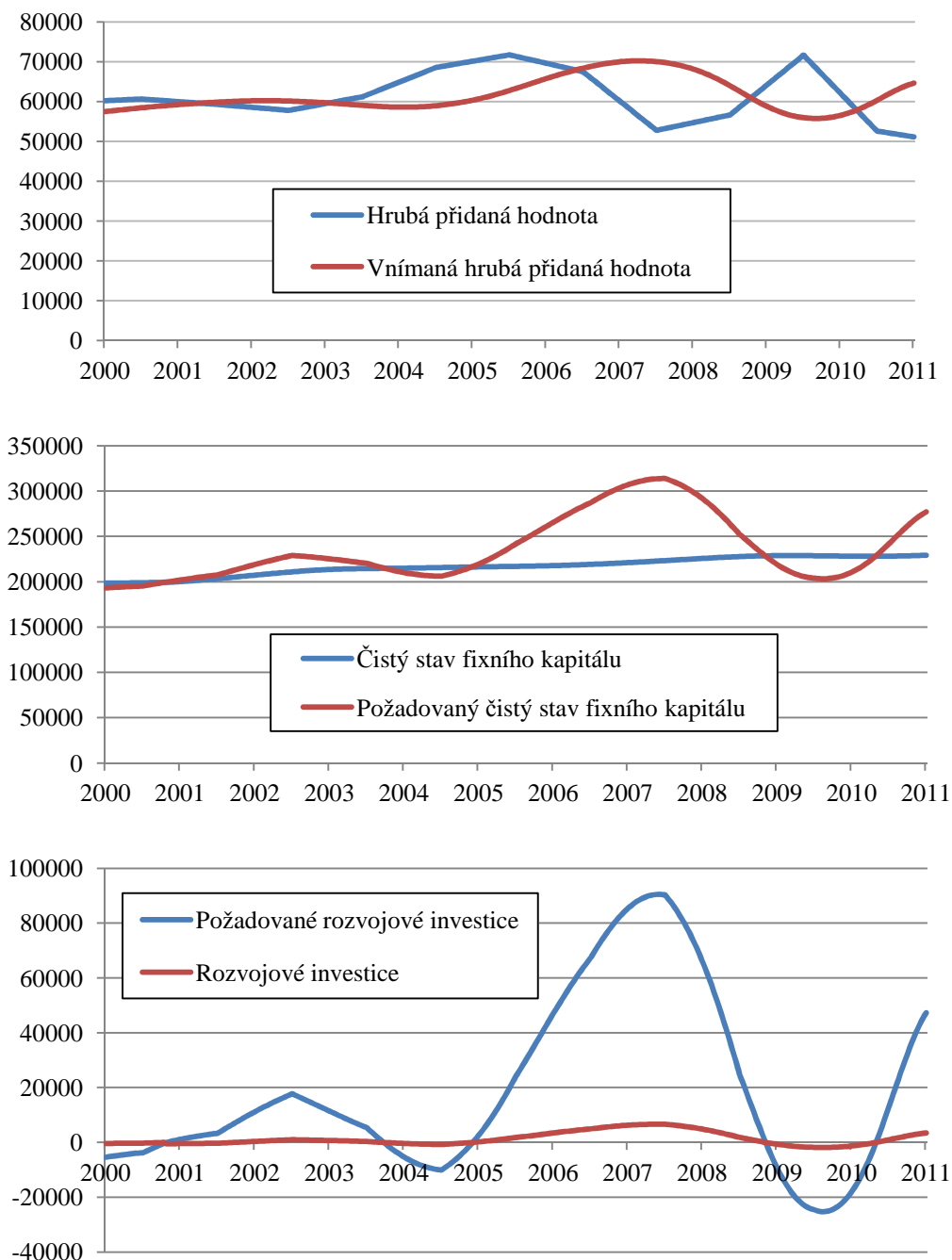
Obr. č. 6.15: Složky investic v letech 2000-2010, mil. Kč v cenách roku 2005

Pro dokreslení této problematiky je na obrázku 6.16 výstup simulace při nulovém multiplikačním efektu, zvýšení investic v letech 2007 a 2008 je shodné jako v předchozím scénáři, navýšení v letech 2001 a 2002 však bez multiplikačního efektu dotací simulace nezobrazí.



Obr. č. 6.16: Investice v letech 2000-2010 při nulovém multiplikačním efektu dotací, mil. Kč v cenách roku 2005 (Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

Obrázek 6.17 zachycuje vývoj některých dalších významných ukazatelů, na něž mají bezprostřední vliv odhadnuté parametry. Opět se jedná o průběh při použití investiční funkce využívající materiálové zpoždění pro stárnutí a SFK, multiplikační efekt dotací je zohledněn.



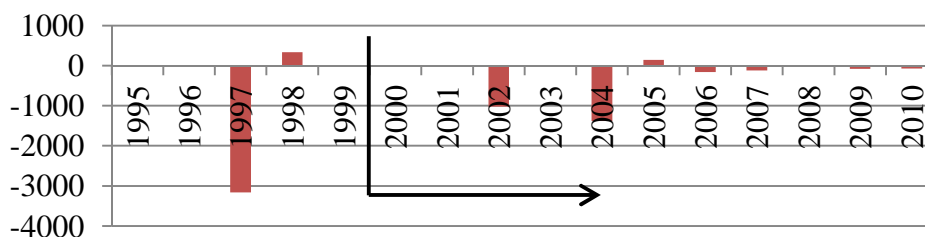
Obr. č. 6.17: Vybrané ukazatele z modelu dynamické investiční funkce, mil. Kč v cenách roku 2005

Výsledky testu chování investic v rostoucím a upadajícím odvětví jsou v příloze 9.5. Dokumentace modelu vyrobená pomocí softwaru SDM-doc (Martinez-Moyano, 2012) je na příloženém CD, úvodní list dokumentace je v příloze 9.6.

6.8 Snížení počtu exogenních proměnných

Model popsáný v předchozí kapitole byl zaměřen na dosažení co nejvyšší přesnosti odhadu v porovnání s historickými údaji. Z hlediska modelování však obsahuje několik exogenních proměnných, které by bylo velice obtížné či zcela nemožné uzavřít do zpětnovazebních smyček i v komplexním modelu národní ekonomiky. Zatímco hrubá přidaná hodnota, její očištění či odpracované hodiny mohou být výstupem z modelové struktury trhu výrobků a práce a substituce faktorů, ostatní změny, dotace a podíly jednotlivých druhů aktiv již, v té podobě, v jaké vystupují v předchozích kapitolách, v podstatě modelovat nelze.

Ostatní změny objemu aktiv představují především ztráty z katastrof, organizační změny ale i statistické diskrepance (viz kapitola 4.2). Vzhledem k jejich běžné velikosti (viz obrázek 6.18) a jejich podílu na celkové hodnotě fixního kapitálu, který v roce 1997 dosáhl hodnoty 1,5 % čistého stavu fixních aktiv (při lineárním výpočtu), ve zkoumaném období však nepřesahuje 6,5 %, jsou z následujícího zjednodušeného modelu ostatní změny zcela vyloučeny. Dotace byly naopak pro svou velikost a dopad ponechány jako exogenní proměnné.



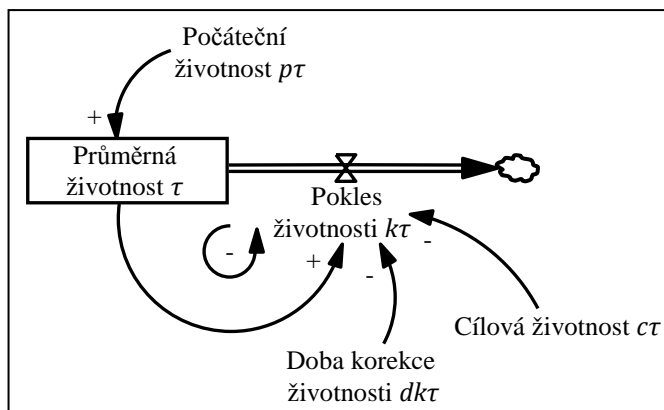
Obr. č. 6.18: Ostatní změny objemu aktiv v NACE A, mil. Kč v cenách roku 2005 (Zdroj: ČSÚ)

Problém agregace druhů aktiv byl rozdělen do dvou částí. Pro parametrizaci z let 1948 – 1999 byl průměrný věk aktiv stanoven jako vážený průměr životností relevantního stavu aktiv (čistý stav získaný z historické řady HTFK za toto období neobsahuje starší aktiva, která byla vyřazena před zkoumaným obdobím). V tabulce 6.5 jsou životnosti zbývajících aktiv, která nebyla součástí předchozího modelu.

	Software	Trvalé porosty	Byty	Rodinné domy
Průměrná životnost aktiv	4,5	11	80	90

Tab. č. 6.5: Průměrné životnosti τ dodatečných aktiv v letech (Zdroj: ČSÚ)

Obrázek 6.19 obsahuje strukturu pro modelování vývoje životnosti aktiv v letech 2000 – 2010. Rostoucí podíl dopravních prostředků a ostatních strojů a zařízení na úkor staveb vede k poklesu průměrné životnosti fixního kapitálu jako celku.



Obr. č. 6.19: Diagram stavů a toků – pokles průměrné životnosti v NACE A

Průměrná životnost je tedy modelována jako běžná cíl-hledající smyčka:

$$\tau_T = \int_{T_0}^T -k\tau dt + \tau_{T_0}, \quad (6.41)$$

$$k\tau = \frac{\tau - c\tau}{dk\tau}. \quad (6.42)$$

Odhad počáteční životnosti $p\tau$, doby korekce životnosti $dk\tau$ a cílové životnosti $c\tau$ byl opět proveden pomocí Powelovy optimalizace s cílem minimalizovat rozdíl mezi odhadnutými daty a výstupem ze standardní PIM. Výsledkem je odhad s průměrnou absolutní procentuelní chybou resp. odchylkou $MAPE = 6,99 \%$. Tabulka 6.6 obsahuje odhadnuté hodnoty těchto parametrů, graf srovnání odhadu čistého fixního kapitálu při agregaci aktiv je v příloze 9.7.

Parametr	Odhadnutá hodnota
Počáteční životnost $p\tau$	35,94
Doba korekce životnosti $dk\tau$	9,39
Cílová životnost $c\tau$	33,56

Tab. č. 6.6: Odhadnuté parametry poklesu průměrné životnosti aktiv τ

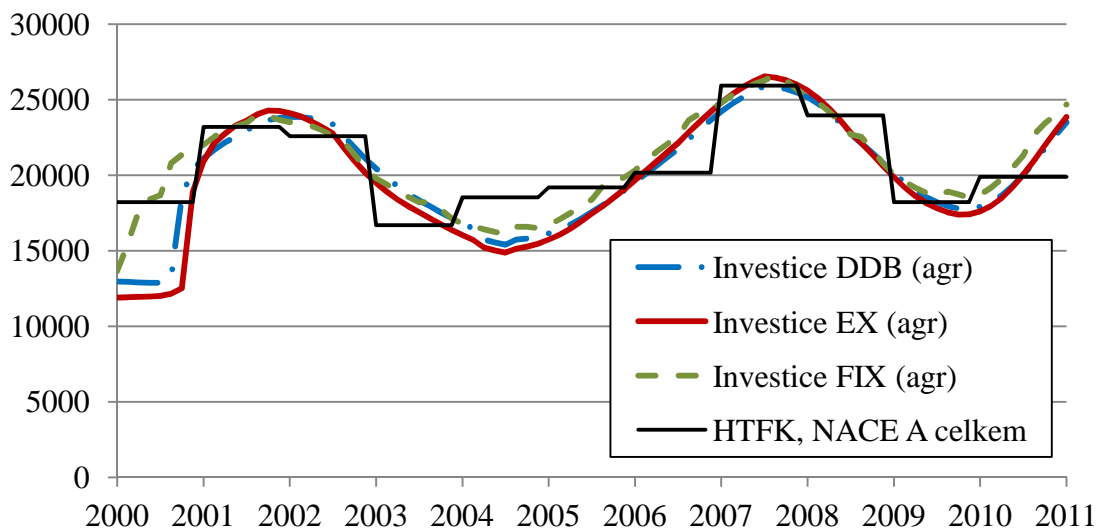
Pro odhad podílu výstavby byla použita průměrná hodnota za období 2000 – 2010. Podíl výstavby na zahájených investicích je tak v tomto modelu roven $pv = 0,27$.

Tabulka 6.7 shrnuje výsledky z modelu s agregovanými aktivy. *MAPE* i r opět naznačují velmi dobrý odhad. Varianta odhadu stárnutí a SFK pomocí fixního zpoždění dosahuje dokonce nižší procentuální absolutní chyby než v původním disagregovaném modelu. Při posuzování odhadnutých parametrů se maximální multiplikační efekt pohybuje na hranici realističnosti. Jedná se však o parametr nutný pro průběh funkce multiplikačního efektu, podmíněný multiplikační efekt pm , který má skutečný vliv na nárůst investic (viz rovnice (6.35) až (6.37)), je ovlivněn dalšími parametry a dosahuje maximální hodnoty 2,99 pro variantu bez řetězce stárnutí, 3,29 u varianty materiálového zpoždění a 2,75 pro variantu s fixním zpožděním (průměr za extrémní rok 2001 je pak ještě nižší: 2,71, 3,07 a 2,46).

Parametr	Výpočet SFK a stárnutí			
	Fixní zpoždění	Materiálové zpoždění	Bez řetězce stárnutí	
Míra zohlednění výstavby	0	0	0	
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	1,9281	2,0010	1,8199	
Řád zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	11	11	11	
Zpoždění rozvoje kapitálu	13,6960	11,2820	12,1566	
Maximální multiplikační efekt	2,9644	3,9182	3,2361	
Počáteční nasycenost multiplikačního efektu	0,0005	0,0004	0,0005	
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu	2,0298	2,0951	2,0060	
<i>MAPE</i> (%)	5,13	7,28	5,83	
Pearsonův korelační koeficient r mezi simulovanými a historickými daty (v závorce p -hodnota)	0,87 (0.000435)	0,83 (0.001417)	0,84 (0.001133)	
Odmocnina ze střední čtvercové chyby odhadu <i>RMSE</i> (mil Kč)	1 366	2 217	1 591	
Theilova statistika nerovnosti:	U^M	0,0130	0,1486	0,1024
	U^S	0,0001	0,1814	0,0013
	U^C	0,9869	0,6700	0,8963
Průměrný násobek <i>MAPE</i> při $\pm 10\%$ změně parametrů	1,14	1,14	1,13	

Tab. č. 6.7: Výsledky odhadu parametrů, varianta s agregovanými aktivy

Na obrázku 6.20 je srovnání průběhu simulace investiční funkce s agregovanými aktivy a údaji ČSÚ (2012b). Dokumentace k simulačnímu modelu s agregovanými fixními aktivy je na příloženém CD.



Obr. č. 6.20: Investice v letech 2000-2010, všechny druhy fixních aktiv, mil. Kč v cenách roku 2005 (Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

Pro úplnost je nutné uvést, že i data o HTFK Českého statistického úřadu obsahují řadu dopočtů a odhadů (Czech Statistical Office, 2002, s. 261-274). S velikou pravděpodobností se tak i údaje, které byly použity jako směrodatné pro tuto práci, liší oproti ekonomické realitě. Vzhledem k významnému objemu dat ze statistických šetření a metodice odhadů ČSÚ však lze předpokládat, že z hlediska dynamiky ve smyslu směru a intenzity vývoje, která byla z podstaty použité metodiky zásadní pro naplnění třetího cíle této práce, je chyba zanedbatelná.

7 Závěr

Cílem práce bylo rozšíření a obohacení poznatků o fixním kapitálu v národním hospodářství České republiky. Tento obecný cíl byl dále rozpracován do tří specifických cílů:

1. Na základě srovnání modelu využívaného pro odhad stavů a spotřeby fixního kapitálu v České republice s obecnou teorií a modely využívanými v zahraničí sestavit alternativní bilance fixního kapitálu.
2. S využitím metod systémové analýzy a operačního výzkumu navrhnout postup umožňující zachycení ekonomických jevů, které dosud bylo možné zachytit jen obtížně nebo vůbec.
3. Odvození modelu investiční funkce pro vybrané odvětví České republiky (Sekce A CZ-NACE Zemědělství, lesnictví a rybářství) pomocí prostředků systémové dynamiky.

Stanovené cíle jsou tedy teoretického i praktického charakteru. Zatímco naplnění prvního specifického cíle je určeno především uživatelům národohospodářské statistiky, druhý cíl je zaměřen na modelovací prostředky využívané pro potřeby sestavování bilancí fixního kapitálu a jeho dosažení slouží vedle uživatelů údajů o fixním kapitálu také osobám zodpovědným za jejich publikaci. Splnění třetího cíle představuje alternativní pohled na problematiku investiční funkce a představuje teoretickou část přínosu této práce.

Struktura práce je volena tak, aby výklad a použité argumenty plynule navazovaly a vzájemně se doplňovaly. První část práce obsahuje nezbytné teoretické základy z oblasti systémové dynamiky, která je využita pro naplnění třetího cíle. Navazuje teorie fixního kapitálu od jeho definice, přes měření jeho hodnoty až po zásadní práce z oblasti investičního chování.

Na základě této teoretické části je v následující části nejdříve sestaven alternativní model využívající Markovské řetězce. Prostřednictvím tohoto modelu jsou naplněny první dva cíle práce. V první řadě bylo možné aplikovat alternativní propočet poklesu hodnoty fixních aktiv pomocí geometrického profilu, který je na základě empirických studií doporučován pro některá aktiva jako přesnější. Oficiální publikovaná data jsou sestavena pomocí lineárního profilu, který je někdy kritizován jako příliš pomalý. Geometrický profil použitý v této práci je naopak kritizován jako příliš rychlý.

S přihlédnutím ke kritice obou použitých profilů je tedy možné interpretovat existenci dvou výpočtů jako odhad možného rozmezí spotřeby a čistého stavu fixního kapitálu.

Samotný dopad změny způsobu odepisování je v případě odhadu SFK relativně malý (-0,12 % z HDP v roce 2010 oproti oficiálním statistikám). Z hlediska dynamiky je změna ještě menší. Růst HDP klesne použitím geometrického profilu v porovnání s oficiálními daty o méně než 0,03 %, přičemž oficiální statistika odhaduje meziroční reálný růst HDP v roce 2010 na 2,5 % (ČSÚ, 2012b). Spotřeba fixního kapitálu je při využití přesnějšího výpočtu využívajícího zvonovou vyřazovací funkci ve sledovaném období oproti oficiální statistice vyšší. Tento rozdíl však v cenách roku 2005 klesá z 10,5 % v roce 1995 na pouhých 0,9% v roce 2010 a vývoj tohoto ukazatele naznačuje, že SFK získaná geometrickým profilem klesne pod úroveň SFK s profilem lineárním, tak jako se to již stalo v sektoru netržních výrobců. Aplikace geometrického profilu SFK má však výrazný dopad na stavy čistého fixního kapitálu, který je při alternativním propočtu přibližně o 12 % nižší (v cenách roku 2005).

Vedle alternativních propočtů SFK se dvěma variantami geometrického profilu a poklesem životnosti (první cíl) umožnil vytvořený model odhad průměrného věku a věkové struktury fixních aktiv. Navržený odhad se nehodí pro aktiva s vysokou životností (budovy a stavby), byl však využit k výpočtu průměrného věku a sestavení věkové struktury dopravních prostředků a ostatních strojů a zařízení. Ve zkoumaném období nejvíce vzrostl průměrný věk strojů a zařízení v odvětví Výroby a rozvodu elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu (z 3,9 let na 9,4). Naopak největší pokles průměrného věku strojů a zařízení nastal v odvětví Vzdělávání, Zdravotní a sociální péče a Ostatních činností. Ve všech těchto sekcích klesl průměrný věk oproti maximálnímu odhadnutému o více než 1,7 roku (rozdíl mezi maximálním průměrným věkem v období 1995-2010 a věkem v roce 2010).

Zatímco k odhadu průměrného věku je vhodné využít hrubý stav fixního kapitálu, věková struktura z odhadu čistého stavu kapitálu může posloužit jako východisko pro zpřesnění odhadů toků použitých aktiv. Při zjištění stáří přesouvaného majetku by bylo možné tento přesun umístit do prvku vektoru věkové struktury, který by odpovídal stáří aktiva. V případě neexistence statistické evidence stáří přesouvaného majetku by bylo možné využít alespoň průměrné stáří či použít rozdělení dle věkové struktury. V důsledku by bylo možné alespoň proporcionálně odhadnout změnu i v hrubém stavu a model PIM by nemusel hodnotu tohoto toku počítat jako nové aktivum.

Pro splnění druhého cíle je tedy model obohacen o odhad průměrného věku a věkové struktury fixních aktiv. Na teoretické úrovni je pak vysvětleno využití věkové struktury pro zpřesnění odhadu dopadů toků použitých aktiv. Využití věkové struktury k přesnějšímu odhadu ostatních změn je navíc aplikováno v simulačním modelu sestaveném pro splnění třetího cíle.

Ve třetí části je popsán simulační model dynamické investiční funkce kombinující poznatky národního účetnictví, teorie investičního chování a systémové dynamiky. Model byl sestaven ve dvou hlavních fázích. Nejdříve byla provedena transformace klasické PIM tak, aby bylo možné tento model použít jako součást simulačního modelu. V této fázi byly sestaveny tři varianty modelu, všechny byly také porovnány s oficiálním odhadem. Tento krok alespoň částečně řeší problémy původní dynamické investiční funkce spočívající v nízké kvalitě dat o stavech kapitálu (Senge, 1978, s. 107).

Model dynamické investiční funkce za roky 2000 až 2010 je sestaven pro sekci Zemědělství, lesnictví a rybolovu, které je charakteristické mnoha odlišnostmi oproti běžným výrobním odvětvím. Toto odvětví je typické významným zpožděním mezi započítáním produkce a prodejem výrobků i při zásadním rozšiřování fixního kapitálu biologické povahy, které vedou k plánování spíše na základě dlouhodobé zkušenosti, než k okamžitému přizpůsobování výroby aktuálním požadavkům. Naproti tomu instituce jako intervenční sklady a nákupy zajišťují minimální cenu vybraných potravin a omezují riziko, že produkce nebude prodána.

Odhad spotřeby fixního kapitálu představuje první složku představené investiční funkce – obnovu a modernizaci fixního kapitálu. Druhou zásadní složkou jsou rozvojové investice. Tato položka vychází z rozdílu mezi aktuálním a požadovaným kapitálem. K tomuto účelu je využita Cobb-Douglasova produkční funkce, statistika odpracovaných hodin a metodika OECD pro výpočet potenciální produkce.

Důležitou součástí je i zohlednění investičních dotací. Vliv investičních dotací je modelován prostřednictvím multiplikačního efektu, kdy dotace ze začátku vedou k navýšení investic. Současně však takové chování musí vést i k růstu zadluženosti a proto tento multiplikační efekt postupně klesá a investiční dotace jsou využívány pro pokrytí běžných investic na obnovu či rozvoj.

Model obsahuje také strukturu vyjadřující výstavbu. Struktura představuje materiálové zpoždění, které je parametrizováno na základě statistiky stavebních povolení. Při odhadu parametrů je nejlepších výsledků dosaženo v případě, že do samotného výpočtu

požadovaných rozvojových investic není investiční výstavba zohledněna. Model tedy obsahuje zpoždění výstavby, při odhadu potřebného kapitálu, je však předpokládána neinformovanost a nespolupráce subjektů ve zkoumaném odvětví a množství kapitálu ve výstavbě není od požadovaného kapitálu odečteno.

Popsané základní části modelu také představují hlavní zpětnovazebné smyčky, které určují investiční chování. Model obsahuje dvě důležitá zpoždění, která ovlivňují především rozvojové investice. Prvním je zpoždění vnímání hrubé přidané hodnoty, druhé pak určuje postupné rozpouštění požadovaných rozvojových investic. V součtu je v modelu sedm parametrů, pro které nebyla použita žádná podkladová data. Tyto parametry byly odhadnuty pomocí Powellova optimalizačního algoritmu. Cílem optimalizace bylo minimalizovat průměrnou absolutní procentuální chybu odhadu *MAPE* a maximalizovat Pearsonův korelační koeficient r mezi simulovanými a historickými údaji jako sekundárního kritéria s desetinovou vahou pro stejné období.

Simulovaná investiční funkce využívající řetězce stárnutí a materiálové zpoždění prvního řádu dosáhla při porovnání s oficiálními údaji $MAPE = 4,36 \%$ a $r = 0,90$; funkce využívající věkové řetězce a fixní zpoždění pak $MAPE = 5,32 \%$ a $r = 0,94$. Třetí varianta bez řetězce stárnutí vedla k výsledku $MAPE = 5,65 \%$ a $r = 0,76$. Tyto charakteristiky naznačují velmi dobrý odhad investičního chování.

Pro podpoření použitého přístupu k investičním dotacím je předvedeno chování modelu při stejných hodnotách parametrů, ovšem s nulovou hodnotou dotací. Investice v NACE A jsou charakteristické dvěma vrcholy. Zatímco první nárůst investic v letech 2001 a 2002 nelze bez investičních dotací pomocí tohoto modelu vysvětlit, druhý vrchol v letech 2006 až 2008 je výstupem simulace i bez dotací. Proto lze usuzovat, že zatímco první nárůst investic je způsoben odpovídajícím nárůstem investičních dotací, druhý nárůst má opačnou kauzalitu. Tedy, že nárůst investic vedl k nárůstu čerpání dotací, které byly využívány na pokrytí standardních („nemultiplikovaných“ rozvojových investic).

Posledním krokem byla agregace investiční funkce tak, aby bylo sníženo množství exogenních proměnných. Důraz byl kladen na vyřazení obtížně modelově vysvětlitelných exogenních proměnných. Toková proměnné ostatních změn objemu aktiv byla zcela vyřazena z modelu. Druhy fixních aktiv byly agregovány do jediného. Pro odhad klesající průměrné životnosti byla využita struktura cíl-hledající smyčky. Průměrná životnosti v roce 2000 byla odhadnuta pomocí Powellovy optimalizace na 35,94. Pro srovnání – v Meadows, Randers a Meadows (2004b) byla průměrná

životnost kapitálu (agregovaného do jedné stavové proměnné a klesající prostřednictvím materiálového zpoždění prvního řádu) stanovena na 17 let. To odpovídá v této práci aplikovanému přístupu odhadu SFK pomocí geometrického profilu při využití dvojité klesající bilance (v simulačním modelu je tento přístup využit pro variantu bez řetězce stárnutí).

Ačkoli došlo ve většině případů ke zhoršení použitých charakteristik odhadu, lze i u tohoto modelu hovořit o dobrém odhadu investičního chování. Přestože lze logicky předpokládat, že agregace fixních aktiv povede ke zhoršení odhadu, ve dvou případech došlo naopak ke zlepšení. V případě s agregací fixních aktiv byla pro investiční funkci využívající řetězce stárnutí a materiálové zpoždění prvního řádu $MAPE = 7,87 \%$ a $r = 0,81$; funkce využívající věkové řetězce a fixní zpoždění pak $MAPE = 5,13 \%$ (což představuje zlepšení hodnoty oproti předchozímu přístupu) a $r = 0,87$. Třetí varianta bez řetězce stárnutí vedla k výsledku $MAPE = 5,83 \%$ a $r = 0,84$ (opět zlepšení hodnoty).

Třetí cíl byl tedy splněn sestavením simulačního modelu investiční funkce, který z hlediska stanoveného cíle obsahuje všechny zásadní zpětnovazebné smyčky. Model byl vypracován v šesti variantách, které se liší přístupem k odhadu spotřeby fixního kapitálu a zachycením druhů fixních aktiv. Model je přílohou práce a je možné jej implementovat do jiného, většího modelu. Je však nutné vyvarovat se přílišnému zobecnění a při případné aplikaci na jiná odvětví zohlednit, že představený model byl sestaven tak, aby respektoval specifika odvětví Zemědělství, lesnictví a rybolovu. Z hlediska budoucí práce se v první řadě nabízí rozšíření o trh se zemědělskými výrobky, což povede k uzavření dalších důležitých zpětnovazebných smyček nutných pro simulaci produktivity kapitálu.

8 Slovník vybraných pojmů

Slovník vybraných pojmů obsahuje definice nejdůležitějších a nejčastěji používaných termínů v této práci, tak jak jsou pro účely této práce používány.

Fixní kapitál

Představuje nefinanční aktiva s dobou použitelnosti delší než jeden rok (nejedná se však o trvanlivost aktiva, ale o jeho opakované využívání alespoň po tuto dobu). Evropský standard ESA 1995 stanovuje hranici 500 ECU ve stálých cenách roku 1995. Mezi fixní aktiva se nezahrnuje půda nebo nerostné zdroje (ty spadají do kategorie nevyráběných aktiv) či cennosti.

Hrubá tvorba fixního kapitálu – HTFK

Investice do fixního kapitálu, představují nákup nových i použitých aktiv, bezúplatná předání (prodej či předání představuje také investici se zápornou hodnotou hodnoty), výrobu fixních aktiv pro vlastní potřebu a zásadní rekonstrukce. Jedná se o vstupní tok do proměnných čistý a hrubý stav fixního kapitálu.

Metoda PIM

Perpetual Inventory Method neboli metoda nepřetržité inventarizace slouží k odhadu stavů a spotřeby fixního kapitálu. Je založena na akumulaci toku hrubé tvorby fixního kapitálu a ostatních změn ve stálých cenách. K odhadům je využíván profil spotřeby fixního kapitálu a vyřazovací funkce.

Profil spotřeby fixního kapitálu

Modelový průběh zastarávání a opotřebení aktiv. Využívá se pro výpočet poklesu hodnoty aktiv v čase. Nejběžnějším profilem jsou geometrický a lineární profil. Rozdíl mezi takto vypočtenou hodnotou aktiv na konci roku n a $n+1$ je právě SFK těchto aktiv v průběhu roku $n+1$ (za předpokladu stálých cen a nulových ostatních změn).

Řetězec stárnutí

Posloupnost stavových proměnných obvykle vyjadřujících věkové kategorie a toků představujících přechody mezi nimi. Řetězec nemusí vyjadřovat pouze rostoucí stáří,

ale je využíván i k modelování profesního růstu atp. Mají obvykle i vstupní a výstupní toky, které nevyjadřují přechod mezi modelovanými stavovými proměnnými (imigrace, umírání, propouštění, demolice...).

Spotřeba fixního kapitálu – SFK

Výstupní tok z čistého stavu fixního kapitálu. Představuje snižování hodnoty fixního kapitálu z důvodu opotřebení a morálního zastarávání. Na rozdíl od účetních odpisů však není SFK v historických cenách.

Stav

Hodnota stavu je vyjadřována k nějakému časovému okamžiku. Stavové proměnné charakterizují stav systému (bohatství, zásobu, počet, dluh,...). Stavové proměnné jsou zdrojem zpoždění či oscilace, představují paměť systému, jsou důvodem jeho setrvačnosti chování. Jsou zdrojem i cílem toků (tokových proměnných). V systémové dynamice určují řád systému, smyčky či zpoždění.

Stav fixního kapitálu

Stavy fixních aktiv jsou definovány jako zásoba aktiv, která přetrvala z minulých let, přeceněná na tržní ceny sledovaného období. Je možné rozlišit dva druhy stavů fixního kapitálu; hrubý a čistý stav. Zatímco hrubé stavy se snižují pouze fyzickou likvidací majetku (v PIM modelované pomocí vyřazovací funkce), v čistých stavech je navíc zohledněno opotřebení a zastarávání (kumulovaná spotřeba fixního kapitálu, modelovaná pomocí profilu SFK), a tak by měl právě tento ukazatel vyjadřovat bohatství reprezentované fixním kapitálem.

Systém

Množina prvků nebo částí, které jsou účelně organizovány a propojeny do vzorce či struktury produkující soubor charakteristických způsobů chování, často označovaných jako jeho funkce nebo účel. Systém v této práci odpovídá tzv. „reálnému systému“, jak jej definují Habr a Vepřek (1986, s. 25-26) nebo dle Janíčka (2002, s. 60) systému v „I. významu, konstatujícím, že „objekt je systémem““ na rozdíl abstraktního objektu zavedeného subjektem na zkoumaném objektu, ať již abstraktním či reálným

Tok

Hodnota toku je vyjadřována za určité časové období. Toky představují vstupy a výstupy do/z stavových proměnných.

Vyřazovací funkce

Vyjadřuje pravděpodobnost, že část aktiv, která setrvala v užívání x let, bude v daném období vyřazena (před $x+1$). Nejvíce doporučována jsou zvonová (pseudonormální) rozdělení, využívá se však i rovnoměrné rozdělení či funkce jednorázového vyřazení, kdy jsou všechna aktiva vyřazována po dosažení průměrné životnosti L .

9 Přílohy

9.1 Alternativní bilance fixního kapitálu – tabulková část

Následující tabulky respektují strukturu oficiálních dat. Tabulek nejsou v jiné struktuře, ocenění či klasifikaci, kterou by nebylo možné získat ze stránek ČSÚ (2012b). V případě zájmu o jiný druh výstupu, je možné jej poskytnout, ale pouze se současným souhlasem ČSÚ. Každá tabulka obsahuje dvě části – alternativní data získaná aplikací geometrického profilu spotřeby a poměrový ukazatel vyjadřující změnu oproti oficiálním statistikám.

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	322 022	357 934	399 334	435 370	460 733	492 714	519 069	529 877	547 895	571 479	588 568	613 848	656 639	695 128	721 286	725 866
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	11 347	12 324	12 824	13 131	12 988	13 357	14 151	14 381	14 958	15 045	14 924	15 152	16 142	16 742	17 525	17 420
B	Těžba a dobývání	5 213	6 001	6 667	7 011	7 043	7 173	7 601	7 725	7 643	7 745	7 783	7 999	8 434	9 014	9 468	9 740
C	Zpracovatelský průmysl	59 120	65 133	73 601	78 710	83 511	89 598	97 811	99 475	106 943	115 333	120 376	125 484	134 886	141 465	144 725	144 678
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	31 460	33 753	36 444	38 804	41 365	42 950	42 578	42 061	39 262	38 630	38 139	37 171	38 808	40 553	43 267	44 831
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	4 619	5 232	5 789	6 332	6 695	7 171	7 552	7 965	8 282	8 743	8 919	9 222	9 869	10 386	11 238	11 724
F	Stavebnictví	8 643	9 696	11 216	12 010	12 491	13 496	15 556	16 527	17 730	18 688	19 002	19 829	21 528	23 340	24 498	24 021
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	20 937	23 055	26 348	28 911	33 616	36 064	38 145	38 539	39 197	40 475	42 155	44 001	47 014	49 783	50 743	50 706
H	Doprava a skladování	29 696	33 774	38 581	42 632	46 426	50 405	54 796	47 944	52 859	55 614	59 142	64 334	70 123	77 529	81 696	82 655
I	Ubytování, stravování a pohostinství	3 834	3 858	4 186	4 197	4 344	4 495	4 677	4 775	4 984	5 264	5 546	5 950	6 438	6 843	7 120	6 994
J	Informační a komunikační činnosti	9 968	13 677	18 625	23 427	27 450	33 691	35 732	34 960	34 880	34 475	33 708	34 647	36 707	37 974	39 260	40 028
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	9 758	11 572	13 085	13 620	12 926	15 018	15 150	15 987	16 698	16 603	15 957	16 862	18 473	19 961	19 702	18 481
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	40 043	44 748	49 833	55 544	58 422	61 108	64 206	68 061	71 348	76 042	80 179	85 193	92 166	97 519	99 548	100 411
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	10 345	10 860	11 530	12 112	12 319	12 732	13 346	13 029	12 843	13 282	13 594	14 428	15 431	16 653	18 639	19 085
N	Administrativní a podpůrné činnosti	3 598	3 905	3 963	4 370	4 706	4 999	5 266	5 933	6 725	7 796	8 560	9 954	11 537	13 113	13 406	14 158
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	42 021	46 570	51 172	54 858	56 345	58 036	58 935	67 253	67 721	69 884	71 332	73 132	76 438	79 232	83 967	85 003
P	Vzdělávání	17 600	18 824	20 215	21 271	21 829	22 671	23 360	23 562	23 344	24 017	24 435	25 026	26 028	26 982	27 297	27 080
Q	Zdravotní a sociální péče	8 225	9 040	8 719	11 390	10 917	11 625	12 525	13 042	13 526	14 301	14 919	15 140	15 574	16 212	16 885	16 474
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	3 219	3 551	4 253	4 780	5 086	5 639	5 211	6 071	6 375	6 892	7 192	7 482	8 045	8 704	9 096	9 191
S	Ostatní činnosti	2 376	2 361	2 283	2 260	2 254	2 486	2 471	2 587	2 577	2 650	2 706	2 842	2 998	3 123	3 206	3 186
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.1: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	1,073	1,074	1,063	1,063	1,056	1,052	1,047	1,041	1,035	1,026	1,021	1,018	1,020	1,022	1,015	1,008
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	1,014	1,028	1,009	0,994	0,977	0,975	0,984	0,992	0,993	0,977	0,976	0,976	0,988	0,997	0,989	0,985
B	Těžba a dobývání	1,030	1,065	1,046	1,054	1,036	1,029	1,036	1,024	1,014	1,007	1,002	1,004	1,011	1,030	1,045	1,048
C	Zpracovatelský průmysl	1,060	1,069	1,067	1,066	1,064	1,067	1,074	1,077	1,077	1,074	1,065	1,052	1,050	1,048	1,028	1,017
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	1,235	1,180	1,128	1,089	1,059	1,024	0,979	0,944	0,919	0,901	0,896	0,897	0,909	0,936	0,968	0,989
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	1,073	1,078	1,070	1,065	1,058	1,050	1,046	1,051	1,060	1,043	1,019	1,012	1,014	1,013	1,020	1,041
F	Stavebnictví	1,049	1,064	1,078	1,076	1,067	1,071	1,091	1,091	1,087	1,069	1,059	1,055	1,063	1,074	1,065	1,042
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	1,029	1,044	1,054	1,062	1,090	1,076	1,060	1,046	1,035	1,021	1,027	1,028	1,039	1,051	1,050	1,037
H	Doprava a skladování	1,054	1,060	1,061	1,060	1,063	1,063	1,063	1,060	1,073	1,059	1,053	1,057	1,057	1,056	1,037	1,023
I	Ubytování, stravování a pohostinství	1,056	1,044	1,049	1,038	1,038	1,049	1,058	1,075	1,101	1,104	1,113	1,119	1,127	1,123	1,106	1,080
J	Informační a komunikační činnosti	1,007	1,082	1,140	1,158	1,146	1,139	1,142	1,097	1,048	1,014	0,990	0,978	0,974	0,974	0,989	0,996
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	1,109	1,109	1,072	1,042	0,999	1,040	1,024	1,064	1,060	1,036	1,017	1,026	1,038	1,039	0,997	0,973
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1,053	1,046	1,037	1,037	1,031	1,027	1,024	1,026	1,028	1,027	1,025	1,025	1,026	1,020	1,014	1,008
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	1,065	1,071	1,064	1,067	1,074	1,079	1,081	1,073	1,053	1,046	1,039	1,039	1,042	1,058	1,067	1,049
N	Administrativní a podpůrné činnosti	1,085	1,087	1,040	1,061	1,070	1,061	1,047	1,078	1,072	1,070	1,077	1,089	1,105	1,121	1,076	1,053
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1,083	1,078	1,067	1,058	1,046	1,036	1,023	1,015	1,008	1,004	0,999	0,995	0,993	0,986	0,981	0,976
P	Vzdělávání	1,083	1,061	1,038	1,016	1,001	0,991	0,980	0,969	0,953	0,941	0,930	0,921	0,913	0,904	0,900	0,891
Q	Zdravotní a sociální péče	1,056	1,061	0,931	1,154	1,091	1,095	1,105	1,109	1,103	1,101	1,099	1,086	1,073	1,063	1,062	1,043
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	1,093	1,091	1,101	1,093	1,082	1,089	1,103	1,127	1,129	1,122	1,118	1,106	1,098	1,095	1,084	1,067
S	Ostatní činnosti	1,004	0,986	0,956	0,970	0,988	1,043	1,051	1,078	1,098	1,094	1,100	1,109	1,107	1,105	1,093	1,073
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.2: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	328 897	365 402	406 441	443 296	468 433	500 713	527 103	537 544	555 255	578 246	595 006	620 327	664 033	703 123	728 094	731 353
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	11 432	12 465	12 898	13 154	12 959	13 333	14 174	14 422	14 956	15 011	14 877	15 106	16 146	16 785	17 512	17 385
B	Těžba a dobývání	5 273	6 127	6 776	7 130	7 127	7 248	7 698	7 808	7 702	7 796	7 827	8 046	8 493	9 116	9 607	9 881
C	Zpracovatelský průmysl	60 256	66 471	75 018	80 171	85 008	91 281	99 805	101 578	109 196	117 735	122 642	127 537	137 190	143 875	146 489	146 053
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	33 144	35 049	37 388	39 498	41 906	43 274	42 528	41 751	38 789	38 022	37 509	36 542	38 253	40 192	43 134	44 814
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	4 709	5 341	5 900	6 442	6 813	7 274	7 656	8 083	8 440	8 888	9 026	9 322	9 978	10 453	11 326	11 905
F	Stavebnictví	8 756	9 852	11 435	12 233	12 707	13 754	15 922	16 906	18 130	19 024	19 317	20 159	21 943	23 835	24 961	24 342
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	21 122	23 354	26 746	29 406	34 394	36 764	38 767	39 090	39 706	40 896	42 680	44 566	47 685	50 581	51 489	51 284
H	Doprava a skladování	30 117	34 283	39 141	43 249	47 153	51 218	55 687	48 723	53 920	56 546	60 071	65 434	71 329	78 853	82 710	83 427
I	Ubytování, stravování a pohostinství	3 901	3 911	4 251	4 250	4 401	4 562	4 756	4 876	5 114	5 398	5 698	6 123	6 638	7 046	7 308	7 137
J	Informační a komunikační činnosti	10 000	13 985	19 255	24 264	28 337	34 739	36 881	35 778	35 371	34 778	33 871	34 754	36 768	37 985	39 346	40 118
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	9 976	11 831	13 303	13 806	12 998	15 229	15 280	16 259	16 937	16 760	16 066	17 010	18 663	20 159	19 724	18 437
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	40 969	45 718	50 825	56 650	59 506	62 210	65 342	69 314	72 689	77 447	81 627	86 743	93 883	99 224	101 162	101 932
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	10 515	11 050	11 704	12 310	12 558	12 999	13 629	13 276	13 030	13 462	13 774	14 623	15 656	16 948	18 983	19 352
N	Administrativní a podpůrné činnosti	3 683	3 985	3 995	4 437	4 794	5 089	5 346	6 064	6 854	7 934	8 737	10 187	11 846	13 507	13 678	14 381
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	43 005	47 618	52 182	55 833	57 181	58 767	59 487	67 748	68 095	70 218	71 590	73 335	76 622	79 304	83 950	84 886
P	Vzdělávání	17 989	19 162	20 470	21 448	21 941	22 750	23 381	23 529	23 224	23 834	24 199	24 756	25 711	26 611	26 914	26 654
Q	Zdravotní a sociální péče	8 364	9 204	8 523	11 870	11 201	11 943	12 909	13 442	13 901	14 693	15 314	15 496	15 898	16 511	17 212	16 735
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	3 301	3 634	4 366	4 892	5 196	5 763	5 356	6 270	6 585	7 107	7 417	7 686	8 260	8 934	9 311	9 383
S	Ostatní činnosti	2 385	2 362	2 265	2 253	2 253	2 516	2 499	2 627	2 616	2 697	2 764	2 902	3 071	3 204	3 278	3 247
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.3: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	1,096	1,096	1,082	1,082	1,073	1,069	1,063	1,056	1,049	1,038	1,032	1,029	1,031	1,034	1,025	1,015
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	1,021	1,040	1,015	0,995	0,975	0,973	0,985	0,995	0,993	0,975	0,973	0,973	0,989	1,000	0,988	0,983
B	Těžba a dobývání	1,041	1,087	1,063	1,072	1,049	1,040	1,049	1,035	1,021	1,014	1,008	1,010	1,018	1,041	1,060	1,063
C	Zpracovatelský průmysl	1,081	1,091	1,088	1,086	1,084	1,087	1,096	1,100	1,100	1,097	1,085	1,069	1,068	1,065	1,040	1,026
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	1,301	1,225	1,158	1,108	1,073	1,032	0,977	0,937	0,908	0,887	0,882	0,882	0,896	0,928	0,965	0,989
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	1,094	1,100	1,090	1,083	1,077	1,065	1,060	1,067	1,080	1,060	1,031	1,023	1,025	1,020	1,028	1,057
F	Stavebnictví	1,063	1,081	1,099	1,096	1,086	1,092	1,117	1,116	1,112	1,088	1,076	1,073	1,084	1,097	1,085	1,056
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	1,038	1,057	1,070	1,080	1,115	1,097	1,077	1,061	1,048	1,031	1,039	1,041	1,053	1,068	1,065	1,049
H	Doprava a skladování	1,069	1,076	1,076	1,075	1,080	1,080	1,080	1,077	1,094	1,077	1,069	1,076	1,075	1,074	1,050	1,033
I	Ubytování, stravování a pohostinství	1,075	1,058	1,066	1,051	1,052	1,065	1,076	1,098	1,129	1,132	1,143	1,152	1,162	1,156	1,135	1,102
J	Informační a komunikační činnosti	1,011	1,106	1,179	1,199	1,183	1,175	1,178	1,123	1,062	1,023	0,994	0,981	0,975	0,974	0,991	0,999
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	1,134	1,134	1,090	1,056	1,005	1,055	1,033	1,082	1,075	1,046	1,024	1,035	1,049	1,050	0,998	0,970
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1,077	1,069	1,058	1,058	1,050	1,045	1,042	1,045	1,047	1,046	1,044	1,044	1,045	1,038	1,030	1,023
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	1,082	1,090	1,080	1,085	1,095	1,102	1,104	1,093	1,069	1,061	1,053	1,053	1,058	1,077	1,087	1,063
N	Administrativní a podpůrné činnosti	1,111	1,109	1,049	1,077	1,090	1,080	1,063	1,102	1,093	1,089	1,099	1,115	1,134	1,155	1,098	1,070
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1,108	1,102	1,088	1,077	1,061	1,049	1,032	1,023	1,013	1,008	1,002	0,998	0,995	0,987	0,981	0,974
P	Vzdělávání	1,106	1,080	1,051	1,024	1,006	0,995	0,981	0,968	0,948	0,934	0,921	0,911	0,902	0,892	0,887	0,877
Q	Zdravotní a sociální péče	1,074	1,080	0,910	1,203	1,119	1,125	1,139	1,143	1,133	1,131	1,128	1,112	1,096	1,082	1,083	1,060
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	1,121	1,116	1,130	1,118	1,106	1,113	1,134	1,163	1,166	1,157	1,153	1,136	1,128	1,124	1,110	1,090
S	Ostatní činnosti	1,008	0,986	0,948	0,967	0,988	1,056	1,063	1,095	1,114	1,113	1,124	1,132	1,134	1,133	1,118	1,094
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.4: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	422 218	444 900	456 756	476 896	489 682	509 317	523 588	541 170	557 756	572 482	588 568	607 483	636 392	666 083	683 002	692 715
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	13 588	14 581	14 418	14 266	13 960	14 152	14 641	15 137	15 133	14 966	14 924	15 102	15 727	16 352	16 321	16 448
B	Těžba a dobývání	6 756	7 530	7 520	7 628	7 480	7 490	7 798	7 855	7 796	7 781	7 783	7 906	8 113	8 532	9 088	9 460
C	Zpracovatelský průmysl	68 621	73 796	77 042	80 164	83 262	87 958	94 435	99 998	106 607	114 291	120 376	125 423	133 138	140 460	141 546	143 942
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	35 872	37 914	39 211	40 678	41 981	42 597	41 602	40 648	39 630	38 646	38 139	36 761	37 461	38 880	40 958	42 788
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	6 224	6 725	6 858	7 116	7 269	7 511	7 733	8 100	8 478	8 778	8 919	9 118	9 552	9 933	10 586	11 182
F	Stavebnictví	10 510	11 324	12 274	12 650	12 924	13 725	15 503	16 653	17 841	18 567	19 002	19 707	21 239	23 397	24 317	24 334
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	22 943	24 605	26 181	28 042	32 148	33 923	35 469	37 373	39 012	39 882	42 155	44 063	47 013	50 508	52 499	53 383
H	Doprava a skladování	42 933	45 097	46 898	48 708	51 227	53 571	56 277	49 732	54 278	56 113	59 142	63 433	67 847	73 309	75 164	76 657
I	Ubytování, stravování a pohostinství	4 628	4 513	4 565	4 396	4 386	4 457	4 539	4 723	5 137	5 292	5 546	5 882	6 251	6 499	6 621	6 560
J	Informační a komunikační činnosti	9 680	12 671	16 271	22 600	25 744	30 980	32 425	33 634	32 988	33 331	33 708	35 218	36 982	38 205	40 101	41 247
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	15 254	17 290	17 750	17 477	16 044	17 307	16 459	17 498	17 766	16 974	15 957	16 061	16 437	16 398	14 128	11 569
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	65 708	66 189	66 287	67 863	68 397	69 170	70 337	72 780	75 591	77 855	80 179	83 053	86 562	88 679	90 106	91 570
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	11 382	11 557	11 376	11 438	11 516	11 687	12 049	12 578	12 546	12 919	13 594	14 532	15 588	17 015	18 948	19 723
N	Administrativní a podpůrné činnosti	4 126	4 374	4 147	4 471	4 773	4 943	5 110	5 912	6 561	7 579	8 560	10 036	11 785	14 099	14 484	15 642
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	67 664	68 447	67 897	67 090	65 849	65 101	63 790	71 761	71 110	71 298	71 332	71 466	72 311	72 570	76 126	77 384
P	Vzdělávání	27 665	27 073	26 283	25 494	25 108	25 118	25 092	25 028	24 642	24 471	24 435	24 484	24 584	24 727	24 978	24 947
Q	Zdravotní a sociální péče	11 094	11 740	10 212	12 614	11 775	12 187	12 834	13 453	13 866	14 357	14 919	15 034	15 229	15 764	16 380	16 148
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	4 422	4 580	5 054	5 302	5 492	5 895	5 298	6 048	6 484	6 867	7 192	7 387	7 767	8 264	8 586	8 747
S	Ostatní činnosti	2 881	2 772	2 446	2 325	2 269	2 458	2 397	2 548	2 602	2 633	2 706	2 817	2 929	3 028	3 142	3 144
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.5: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	1,081	1,083	1,073	1,073	1,065	1,060	1,052	1,046	1,038	1,028	1,021	1,016	1,017	1,018	1,010	1,001
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	1,016	1,030	1,010	0,994	0,976	0,973	0,982	0,990	0,992	0,976	0,976	0,977	0,989	1,000	0,989	0,985
B	Těžba a dobývání	1,042	1,076	1,057	1,062	1,043	1,034	1,040	1,029	1,017	1,009	1,002	1,003	1,010	1,027	1,042	1,046
C	Zpracovatelský průmysl	1,068	1,077	1,074	1,072	1,069	1,071	1,077	1,080	1,078	1,075	1,065	1,051	1,049	1,046	1,027	1,016
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	1,230	1,181	1,131	1,094	1,064	1,029	0,983	0,947	0,921	0,902	0,896	0,896	0,908	0,934	0,965	0,986
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	1,077	1,082	1,073	1,067	1,060	1,051	1,046	1,052	1,059	1,042	1,019	1,012	1,014	1,015	1,022	1,044
F	Stavebnictví	1,056	1,070	1,084	1,081	1,070	1,073	1,092	1,093	1,088	1,069	1,059	1,054	1,063	1,073	1,063	1,041
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	1,041	1,054	1,063	1,069	1,097	1,083	1,066	1,050	1,037	1,022	1,027	1,027	1,036	1,048	1,046	1,033
H	Doprava a skladování	1,043	1,053	1,055	1,056	1,060	1,060	1,061	1,060	1,073	1,059	1,053	1,057	1,057	1,057	1,039	1,026
I	Ubytování, stravování a pohostinství	1,091	1,071	1,073	1,056	1,055	1,062	1,069	1,083	1,105	1,106	1,113	1,118	1,124	1,119	1,104	1,077
J	Informační a komunikační činnosti	1,045	1,122	1,186	1,181	1,148	1,143	1,146	1,101	1,052	1,016	0,990	0,977	0,971	0,968	0,979	0,986
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,835	0,854	0,844	0,836	0,817	0,869	0,873	0,955	0,999	1,021	1,017	1,044	1,061	1,089	1,077	1,045
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1,170	1,162	1,152	1,152	1,145	1,118	1,093	1,075	1,060	1,043	1,025	1,011	0,999	0,981	0,963	0,946
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	1,080	1,084	1,076	1,078	1,083	1,088	1,090	1,078	1,056	1,048	1,039	1,038	1,041	1,056	1,064	1,046
N	Administrativní a podpůrné činnosti	1,090	1,091	1,044	1,062	1,070	1,059	1,045	1,075	1,074	1,071	1,077	1,088	1,104	1,121	1,076	1,054
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1,082	1,077	1,067	1,057	1,045	1,035	1,022	1,015	1,007	1,003	0,999	0,995	0,994	0,989	0,984	0,978
P	Vzdělávání	1,085	1,061	1,037	1,013	0,997	0,988	0,976	0,967	0,951	0,940	0,930	0,922	0,915	0,908	0,903	0,895
Q	Zdravotní a sociální péče	1,079	1,081	0,948	1,167	1,100	1,101	1,109	1,112	1,105	1,102	1,099	1,085	1,072	1,061	1,061	1,042
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	1,106	1,099	1,109	1,099	1,087	1,093	1,106	1,129	1,129	1,122	1,118	1,105	1,097	1,093	1,082	1,066
S	Ostatní činnosti	1,032	1,007	0,975	0,982	0,999	1,050	1,055	1,087	1,102	1,097	1,100	1,108	1,105	1,100	1,091	1,069
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.6: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	431 499	454 467	465 201	485 765	498 003	517 732	531 837	549 186	565 372	579 318	595 006	613 847	643 518	673 761	689 518	698 041
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	13 702	14 758	14 508	14 293	13 926	14 120	14 658	15 172	15 128	14 931	14 877	15 056	15 732	16 398	16 310	16 416
B	Těžba a dobývání	6 844	7 699	7 656	7 769	7 580	7 579	7 906	7 951	7 865	7 836	7 827	7 950	8 163	8 621	9 216	9 592
C	Zpracovatelský průmysl	70 086	75 451	78 658	81 757	84 848	89 698	96 444	102 185	108 890	116 688	122 642	127 455	135 373	142 787	143 242	145 271
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	37 751	39 364	40 239	41 432	42 561	42 952	41 584	40 369	39 163	38 046	37 509	36 134	36 916	38 518	40 815	42 754
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	6 359	6 879	7 005	7 256	7 410	7 629	7 848	8 229	8 647	8 928	9 026	9 215	9 657	10 001	10 671	11 359
F	Stavebnictví	10 666	11 522	12 529	12 894	13 155	13 994	15 877	17 045	18 250	18 904	19 317	20 032	21 645	23 890	24 775	24 656
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	23 232	25 000	26 648	28 581	32 951	34 640	36 106	37 946	39 541	40 309	42 680	44 615	47 655	51 268	53 214	53 928
H	Doprava a skladování	43 429	45 689	47 501	49 353	51 977	54 391	57 153	50 525	55 360	57 049	60 071	64 519	69 019	74 588	76 133	77 416
I	Ubytování, stravování a pohostinství	4 752	4 612	4 664	4 473	4 463	4 539	4 629	4 832	5 278	5 429	5 698	6 050	6 438	6 683	6 788	6 686
J	Informační a komunikační činnosti	9 752	13 011	16 903	23 417	26 594	31 982	33 511	34 461	33 490	33 641	33 871	35 313	37 019	38 174	40 118	41 261
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	15 586	17 670	18 048	17 709	16 119	17 536	16 587	17 789	18 025	17 139	16 066	16 205	16 618	16 587	14 170	11 556
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	67 197	67 589	67 570	69 178	69 630	70 374	71 540	74 081	77 001	79 288	81 627	84 569	88 194	90 260	91 594	92 983
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	11 613	11 801	11 587	11 664	11 766	11 959	12 331	12 832	12 744	13 104	13 774	14 726	15 810	17 315	19 296	20 000
N	Administrativní a podpůrné činnosti	4 231	4 471	4 183	4 543	4 863	5 031	5 184	6 038	6 687	7 714	8 737	10 267	12 094	14 514	14 769	15 879
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	69 211	69 962	69 216	68 264	66 810	65 904	64 370	72 283	71 499	71 635	71 590	71 670	72 503	72 670	76 156	77 326
P	Vzdělávání	28 293	27 561	26 611	25 694	25 222	25 191	25 098	24 984	24 506	24 277	24 199	24 225	24 294	24 405	24 647	24 576
Q	Zdravotní a sociální péče	11 338	12 005	10 022	13 178	12 101	12 539	13 242	13 873	14 256	14 755	15 314	15 382	15 535	16 040	16 681	16 390
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	4 546	4 693	5 195	5 433	5 616	6 030	5 451	6 250	6 700	7 082	7 417	7 588	7 974	8 484	8 790	8 929
S	Ostatní činnosti	2 914	2 787	2 436	2 322	2 270	2 488	2 423	2 591	2 641	2 680	2 764	2 876	2 999	3 104	3 212	3 203
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.7: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	1,105	1,106	1,093	1,093	1,083	1,077	1,069	1,061	1,053	1,040	1,032	1,027	1,028	1,030	1,020	1,009
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	1,024	1,042	1,016	0,996	0,974	0,971	0,983	0,992	0,992	0,974	0,973	0,974	0,990	1,002	0,988	0,983
B	Těžba a dobývání	1,055	1,100	1,076	1,081	1,056	1,046	1,055	1,041	1,026	1,016	1,008	1,009	1,016	1,037	1,057	1,060
C	Zpracovatelský průmysl	1,091	1,101	1,097	1,093	1,089	1,093	1,100	1,104	1,101	1,097	1,085	1,068	1,067	1,063	1,040	1,025
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	1,295	1,226	1,161	1,114	1,079	1,038	0,983	0,941	0,910	0,888	0,882	0,881	0,894	0,925	0,962	0,985
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	1,100	1,107	1,096	1,088	1,081	1,068	1,062	1,068	1,080	1,060	1,031	1,023	1,025	1,022	1,030	1,060
F	Stavebnictví	1,072	1,089	1,106	1,102	1,089	1,094	1,119	1,119	1,113	1,089	1,076	1,072	1,083	1,095	1,083	1,054
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	1,055	1,070	1,082	1,090	1,124	1,106	1,086	1,066	1,051	1,033	1,039	1,039	1,051	1,064	1,060	1,043
H	Doprava a skladování	1,055	1,067	1,068	1,070	1,076	1,077	1,077	1,077	1,094	1,077	1,069	1,076	1,075	1,076	1,052	1,036
I	Ubytování, stravování a pohostinství	1,120	1,095	1,096	1,075	1,074	1,082	1,090	1,108	1,136	1,134	1,143	1,150	1,158	1,151	1,132	1,098
J	Informační a komunikační činnosti	1,053	1,152	1,232	1,224	1,185	1,180	1,184	1,128	1,068	1,025	0,994	0,979	0,972	0,967	0,980	0,986
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,853	0,873	0,859	0,847	0,821	0,880	0,880	0,971	1,013	1,031	1,024	1,053	1,073	1,102	1,080	1,044
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1,196	1,187	1,174	1,175	1,166	1,137	1,111	1,095	1,080	1,062	1,044	1,029	1,018	0,999	0,979	0,960
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	1,102	1,107	1,096	1,099	1,107	1,113	1,115	1,099	1,073	1,063	1,053	1,052	1,055	1,075	1,084	1,061
N	Administrativní a podpůrné činnosti	1,118	1,116	1,053	1,079	1,090	1,078	1,060	1,098	1,094	1,090	1,099	1,113	1,133	1,154	1,097	1,070
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1,107	1,101	1,088	1,076	1,060	1,048	1,031	1,022	1,013	1,008	1,002	0,998	0,996	0,990	0,984	0,977
P	Vzdělávání	1,109	1,080	1,050	1,021	1,002	0,990	0,977	0,965	0,946	0,932	0,921	0,912	0,904	0,896	0,892	0,882
Q	Zdravotní a sociální péče	1,102	1,106	0,930	1,219	1,130	1,133	1,145	1,146	1,136	1,132	1,128	1,111	1,094	1,080	1,081	1,058
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	1,137	1,127	1,140	1,126	1,111	1,118	1,138	1,166	1,167	1,157	1,153	1,135	1,126	1,122	1,108	1,088
S	Ostatní činnosti	1,044	1,012	0,971	0,981	0,999	1,063	1,067	1,105	1,118	1,116	1,124	1,131	1,131	1,127	1,115	1,089
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.8: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1	Národní hospodářství	322 022	357 934	399 334	435 370	460 733	492 714	519 069	529 877	547 895	571 479	588 568	613 848	656 639	695 128	721 286	725 866
S.11	Nefinanční podniky	177 503	199 996	227 426	249 251	269 449	290 287	310 578	318 176	324 648	341 745	353 471	369 672	398 931	422 722	439 938	445 866
S.12	Finanční instituce	9 712	11 528	13 038	13 575	12 851	14 877	15 039	15 239	16 173	16 065	15 507	16 488	18 103	19 507	19 316	18 225
S.13	Vládní instituce	79 863	88 332	96 058	105 884	109 076	113 088	116 147	117 203	126 209	129 854	132 773	136 525	143 091	150 436	157 006	155 856
S.14	Domácnosti	53 677	56 715	61 301	64 991	67 623	72 612	75 371	77 125	78 739	81 645	84 509	88 703	93 803	99 615	102 177	103 106
S.15	Neziskové instituce sloužící domácnostem	1 267	1 363	1 511	1 669	1 734	1 850	1 934	2 134	2 126	2 170	2 308	2 460	2 711	2 848	2 849	2 813

Tab. č. 9.9: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – členění na institucionální sektory, běžné ceny, miliony Kč

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1	Národní hospodářství	1,073	1,074	1,063	1,063	1,056	1,052	1,047	1,041	1,035	1,026	1,021	1,018	1,020	1,022	1,015	1,008
S.11	Nefinanční podniky	1,092	1,096	1,089	1,084	1,077	1,067	1,061	1,051	1,043	1,034	1,029	1,026	1,030	1,035	1,028	1,019
S.12	Finanční instituce	1,110	1,110	1,073	1,042	0,999	1,039	1,024	1,051	1,063	1,042	1,024	1,032	1,041	1,039	0,997	0,975
S.13	Vládní instituce	1,074	1,067	1,045	1,060	1,045	1,035	1,023	1,016	1,013	1,002	0,994	0,987	0,983	0,979	0,973	0,968
S.14	Domácnosti	1,008	1,002	0,997	0,998	1,004	1,024	1,031	1,034	1,033	1,027	1,028	1,030	1,031	1,034	1,030	1,026
S.15	Neziskové instituce sloužící domácnostem	1,110	1,099	1,100	1,107	1,099	1,097	1,089	1,116	1,115	1,067	1,066	1,061	1,061	1,046	1,015	0,993

Tab. č. 9.10: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1	Národní hospodářství	328 897	365 402	406 441	443 296	468 433	500 713	527 103	537 544	555 255	578 246	595 006	620 327	664 033	703 123	728 094	731 353
S.11	Nefinanční podniky	182 006	204 999	232 526	254 510	274 789	295 592	316 130	323 429	329 638	346 509	358 115	374 318	404 390	428 784	445 229	450 090
S.12	Finanční instituce	9 932	11 787	13 257	13 760	12 920	15 081	15 167	15 460	16 408	16 227	15 627	16 649	18 302	19 702	19 345	18 193
S.13	Vládní instituce	81 502	90 025	97 338	107 780	110 631	114 450	117 260	118 143	127 104	130 493	133 159	136 750	143 252	150 402	156 809	155 509
S.14	Domácnosti	54 152	57 182	61 769	65 535	68 313	73 695	76 567	78 314	79 922	82 803	85 746	90 097	95 320	101 335	103 829	104 726
S.15	Neziskové instituce sloužící domácnostem	1 305	1 409	1 551	1 711	1 780	1 895	1 979	2 198	2 183	2 214	2 359	2 513	2 769	2 900	2 882	2 835

Tab. č. 9.11: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – členění na institucionální sektory, běžné ceny, miliony Kč

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1	Národní hospodářství	1,096	1,096	1,082	1,082	1,073	1,069	1,063	1,056	1,049	1,038	1,032	1,029	1,031	1,034	1,025	1,015
S.11	Nefinanční podniky	1,119	1,124	1,113	1,107	1,098	1,086	1,080	1,068	1,059	1,049	1,042	1,039	1,044	1,049	1,040	1,029
S.12	Finanční instituce	1,135	1,135	1,091	1,056	1,004	1,053	1,033	1,066	1,078	1,052	1,032	1,043	1,053	1,049	0,999	0,973
S.13	Vládní instituce	1,096	1,088	1,059	1,079	1,059	1,047	1,033	1,024	1,020	1,007	0,997	0,989	0,984	0,978	0,972	0,966
S.14	Domácnosti	1,017	1,010	1,004	1,006	1,014	1,039	1,047	1,049	1,049	1,042	1,043	1,046	1,047	1,052	1,046	1,042
S.15	Neziskové instituce sloužící domácnostem	1,144	1,136	1,129	1,135	1,128	1,124	1,114	1,150	1,145	1,088	1,090	1,084	1,084	1,065	1,027	1,001

Tab. č. 9.12: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	6 581 387	7 408 704	8 321 700	9 145 807	9 662 278	10 169 466	10 678 890	11 194 887	11 280 773	11 830 113	12 295 515	12 835 462	13 628 991	14 377 146	14 727 126	14 823 317
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	134 070	153 661	167 082	181 620	183 615	188 482	199 146	200 903	206 309	210 263	212 397	217 211	229 957	237 620	242 187	239 469
B	Těžba a dobývání	65 846	77 686	89 696	97 095	101 676	106 007	113 806	119 502	118 930	123 340	126 889	131 283	138 752	145 893	152 549	154 516
C	Zpracovatelský průmysl	699 498	790 624	904 164	992 283	1 068 713	1 146 454	1 240 288	1 275 351	1 351 285	1 451 770	1 523 229	1 600 643	1 727 687	1 816 566	1 847 684	1 836 855
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	371 299	415 655	463 219	501 746	535 765	555 036	565 755	563 966	549 164	547 335	545 924	532 475	557 902	580 891	609 725	636 812
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	139 194	157 253	177 342	195 860	209 461	223 282	235 637	243 734	251 605	263 814	273 405	281 242	293 987	307 694	318 965	314 481
F	Stavebnictví	85 657	98 932	118 882	134 162	141 789	154 255	171 858	180 452	191 306	203 131	210 797	222 584	239 005	256 063	268 591	263 494
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	201 820	240 762	273 304	311 449	349 057	371 364	395 097	407 162	424 638	452 143	483 762	518 506	556 552	589 176	599 223	599 852
H	Doprava a skladování	546 102	618 189	709 482	790 827	848 291	909 042	969 732	865 700	924 181	986 620	1 064 931	1 153 158	1 250 366	1 354 636	1 434 149	1 456 254
I	Úbytování, stravování a pohostinství	61 132	69 751	79 797	85 834	92 523	98 730	102 799	107 448	114 915	123 943	132 492	144 443	154 297	161 691	163 779	161 418
J	Informační a komunikační činnosti	90 349	132 867	176 685	225 425	249 731	284 522	320 622	317 291	319 149	323 141	323 956	332 213	347 302	348 394	352 531	350 155
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	91 548	110 760	130 197	143 196	148 613	156 799	161 545	164 881	166 499	170 495	170 115	173 351	178 630	187 928	186 242	187 672
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1 681 472	1 883 883	2 106 294	2 328 027	2 463 344	2 589 893	2 723 334	2 848 140	2 965 853	3 136 552	3 296 725	3 484 353	3 749 450	4 020 657	4 129 488	4 201 646
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	125 786	138 719	158 927	172 668	186 685	196 920	204 996	205 957	201 795	212 475	221 339	233 508	246 129	258 427	274 876	274 851
N	Administrativní a podpůrné činnosti	33 670	37 472	40 025	46 202	52 444	57 380	59 760	63 405	68 858	76 010	82 191	91 394	101 496	111 656	113 539	117 066
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1 397 301	1 543 414	1 700 518	1 837 692	1 891 725	1 944 282	1 980 888	2 121 491	2 140 369	2 215 044	2 256 631	2 316 405	2 400 710	2 487 663	2 499 367	2 519 149
P	Vzdělávání	565 998	615 926	669 536	715 751	736 599	757 559	775 552	778 429	776 291	795 034	807 514	821 896	847 766	872 309	875 670	863 981
Q	Zdravotní a sociální péče	179 075	199 977	221 418	237 132	242 256	257 429	274 951	286 900	301 054	318 665	329 675	335 739	348 914	365 041	374 474	358 936
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	73 188	79 600	90 829	101 429	108 042	116 554	126 407	135 516	147 488	155 877	165 589	172 578	182 792	193 247	199 727	203 609
S	Ostatní činnosti	38 382	43 573	44 303	47 409	51 949	55 476	56 717	58 659	61 084	64 461	67 954	72 480	77 297	81 594	84 360	83 101
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.13: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	0,910	0,908	0,907	0,906	0,905	0,904	0,904	0,904	0,903	0,903	0,904	0,905	0,906	0,907	0,907	0,908
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	0,918	0,921	0,920	0,922	0,921	0,922	0,925	0,925	0,926	0,927	0,927	0,928	0,931	0,931	0,933	0,933
B	Těžba a dobývání	0,915	0,915	0,920	0,918	0,917	0,916	0,917	0,933	0,916	0,916	0,917	0,917	0,918	0,918	0,918	0,917
C	Zpracovatelský průmysl	0,922	0,921	0,919	0,918	0,917	0,916	0,916	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,911	0,911	0,910	0,909
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	0,949	0,941	0,936	0,933	0,931	0,930	0,932	0,935	0,942	0,947	0,954	0,960	0,967	0,971	0,977	0,978
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	0,946	0,945	0,945	0,938	0,940	0,946	0,944	0,942	0,941	0,940	0,939	0,937	0,936	0,936	0,936	0,935
F	Stavebnictví	0,926	0,923	0,925	0,924	0,920	0,919	0,918	0,914	0,911	0,909	0,907	0,905	0,905	0,904	0,903	0,900
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	0,915	0,918	0,917	0,916	0,915	0,911	0,909	0,908	0,908	0,908	0,910	0,913	0,914	0,912	0,910	0,908
H	Doprava a skladování	0,971	0,969	0,967	0,966	0,964	0,962	0,960	0,953	0,952	0,951	0,951	0,952	0,952	0,952	0,951	0,951
I	Ubytování, stravování a pohostinství	0,911	0,913	0,913	0,911	0,912	0,912	0,910	0,910	0,910	0,910	0,909	0,909	0,907	0,904	0,901	0,898
J	Informační a komunikační činnosti	0,945	0,953	0,950	0,945	0,936	0,930	0,924	0,918	0,913	0,913	0,914	0,918	0,922	0,924	0,925	0,926
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,946	0,939	0,934	0,931	0,930	0,927	0,925	0,920	0,914	0,910	0,906	0,903	0,899	0,896	0,895	0,898
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	0,881	0,881	0,881	0,881	0,882	0,883	0,884	0,885	0,886	0,888	0,889	0,891	0,894	0,896	0,897	0,899
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	0,914	0,910	0,909	0,906	0,905	0,903	0,900	0,896	0,890	0,889	0,890	0,891	0,890	0,892	0,892	0,890
N	Administrativní a podpůrné činnosti	0,927	0,922	0,917	0,918	0,920	0,920	0,917	0,915	0,913	0,913	0,912	0,911	0,909	0,907	0,901	0,900
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	0,914	0,912	0,910	0,907	0,905	0,903	0,901	0,905	0,904	0,903	0,903	0,902	0,902	0,902	0,902	0,901
P	Vzdělávání	0,874	0,870	0,866	0,863	0,861	0,860	0,859	0,857	0,856	0,855	0,855	0,855	0,856	0,857	0,860	0,861
Q	Zdravotní a sociální péče	0,893	0,878	0,879	0,875	0,871	0,871	0,872	0,873	0,872	0,872	0,870	0,869	0,868	0,868	0,869	0,881
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	0,904	0,902	0,899	0,897	0,896	0,896	0,896	0,897	0,899	0,897	0,897	0,895	0,893	0,892	0,892	0,891
S	Ostatní činnosti	0,907	0,907	0,905	0,904	0,909	0,909	0,906	0,905	0,903	0,900	0,899	0,899	0,898	0,896	0,895	0,893
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.14: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	6 389 010	7 189 506	8 072 555	8 868 441	9 365 495	9 854 692	10 346 029	10 598 845	10 921 003	11 450 374	11 899 897	12 423 669	13 194 075	13 916 616	14 256 658	14 350 296
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	129 907	149 075	162 040	176 202	178 046	182 761	193 220	194 873	200 126	203 912	205 957	210 667	223 181	230 632	235 099	232 468
B	Těžba a dobývání	63 823	75 439	87 131	94 253	98 649	102 824	110 443	115 990	115 328	119 585	123 019	127 276	134 528	141 502	147 945	149 812
C	Zpracovatelský průmysl	679 501	768 166	877 968	963 444	1 037 473	1 112 778	1 203 767	1 237 431	1 310 694	1 407 810	1 476 522	1 551 042	1 674 459	1 760 255	1 788 897	1 777 367
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	365 022	408 005	454 149	491 601	524 710	543 421	554 019	552 427	538 606	537 168	536 314	523 500	549 209	572 466	601 357	628 464
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	136 880	154 597	174 368	192 452	205 775	219 571	231 571	239 389	247 029	258 885	268 175	275 707	288 072	301 458	312 440	307 947
F	Stavebnictví	83 512	96 428	115 969	130 859	138 150	150 234	167 355	175 509	185 899	197 242	204 520	215 811	231 649	248 101	260 078	254 881
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	196 037	234 208	265 760	302 877	339 373	360 649	383 445	394 930	411 852	438 386	469 426	503 266	540 166	571 554	580 911	581 082
H	Doprava a skladování	541 359	612 522	702 684	782 916	839 374	899 028	958 603	853 886	911 077	972 288	1 049 492	1 136 652	1 232 208	1 334 944	1 412 753	1 434 368
I	Ubytování, stravování a pohostinství	59 342	67 756	77 543	83 350	89 858	95 896	99 787	104 289	111 589	120 343	128 639	140 238	149 719	156 742	158 606	156 122
J	Informační a komunikační činnosti	88 650	130 781	173 873	221 551	244 867	278 562	313 361	309 507	310 703	314 361	315 082	323 189	338 016	339 145	343 214	340 824
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	88 569	107 617	126 909	139 787	145 158	153 122	157 733	160 857	162 260	166 060	165 566	168 612	173 642	182 690	180 939	182 590
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	1 615 753	1 809 607	2 022 534	2 235 216	2 365 109	2 487 022	2 615 743	2 735 209	2 848 168	3 012 304	3 166 538	3 348 666	3 605 948	3 865 458	3 971 760	4 042 508
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	122 342	134 780	154 421	167 593	181 173	190 953	198 550	199 250	194 812	205 072	213 602	225 415	237 529	249 514	265 368	265 164
N	Administrativní a podpůrné činnosti	32 832	36 495	38 940	44 974	51 098	55 898	58 142	61 669	66 921	73 846	79 846	88 767	98 536	108 326	109 949	113 293
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	1 360 793	1 501 906	1 653 416	1 785 240	1 835 958	1 885 542	1 919 548	2 058 497	2 075 972	2 147 662	2 187 056	2 244 597	2 325 641	2 409 513	2 421 387	2 438 447
P	Vzdělávání	543 690	590 811	641 345	684 753	704 011	723 516	740 230	742 407	739 725	757 131	768 700	782 229	806 705	829 952	833 606	822 519
Q	Zdravotní a sociální péče	172 766	191 877	212 608	227 262	231 768	246 300	263 188	274 659	288 142	304 986	315 351	320 914	333 331	348 673	357 795	345 570
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	71 029	77 201	87 991	98 198	104 563	112 800	122 361	131 204	142 919	150 901	160 281	166 922	176 688	186 719	192 949	196 561
S	Ostatní činnosti	37 203	42 235	42 906	45 913	50 382	53 815	54 963	56 862	59 181	62 432	65 811	70 199	74 848	78 972	81 605	80 309
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.15: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	0,883	0,882	0,88	0,878	0,877	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,875	0,876	0,877	0,878	0,878	0,879
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	0,89	0,894	0,892	0,894	0,893	0,894	0,897	0,897	0,899	0,899	0,899	0,9	0,903	0,904	0,905	0,906
B	Těžba a dobývání	0,887	0,888	0,894	0,891	0,889	0,889	0,89	0,905	0,889	0,888	0,889	0,889	0,89	0,891	0,89	0,889
C	Zpracovatelský průmysl	0,895	0,895	0,892	0,891	0,89	0,889	0,889	0,887	0,886	0,885	0,883	0,882	0,883	0,883	0,881	0,88
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	0,933	0,924	0,918	0,914	0,912	0,911	0,913	0,916	0,924	0,93	0,937	0,944	0,952	0,957	0,964	0,965
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	0,93	0,929	0,929	0,922	0,924	0,93	0,927	0,926	0,924	0,922	0,921	0,919	0,917	0,917	0,917	0,916
F	Stavebnictví	0,902	0,9	0,903	0,901	0,896	0,895	0,894	0,889	0,886	0,883	0,88	0,878	0,877	0,876	0,874	0,871
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	0,889	0,893	0,891	0,891	0,889	0,885	0,883	0,881	0,881	0,88	0,883	0,886	0,887	0,885	0,882	0,88
H	Doprava a skladování	0,963	0,96	0,958	0,956	0,954	0,951	0,949	0,94	0,938	0,937	0,938	0,938	0,938	0,938	0,937	0,937
I	Ubytování, stravování a pohostinství	0,885	0,887	0,888	0,885	0,885	0,886	0,884	0,883	0,884	0,883	0,883	0,882	0,88	0,876	0,873	0,868
J	Informační a komunikační činnosti	0,928	0,938	0,935	0,929	0,918	0,911	0,903	0,896	0,889	0,888	0,889	0,893	0,897	0,9	0,901	0,901
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,915	0,912	0,911	0,908	0,908	0,906	0,903	0,897	0,891	0,886	0,882	0,878	0,874	0,871	0,87	0,874
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	0,847	0,846	0,846	0,846	0,846	0,848	0,849	0,85	0,851	0,853	0,854	0,857	0,86	0,861	0,863	0,865
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	0,889	0,884	0,884	0,879	0,879	0,876	0,871	0,867	0,859	0,858	0,859	0,86	0,859	0,861	0,861	0,858
N	Administrativní a podpůrné činnosti	0,904	0,898	0,892	0,894	0,897	0,896	0,892	0,89	0,888	0,887	0,886	0,885	0,883	0,88	0,873	0,871
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	0,89	0,887	0,885	0,882	0,878	0,876	0,873	0,878	0,877	0,876	0,875	0,874	0,874	0,874	0,874	0,872
P	Vzdělávání	0,839	0,834	0,83	0,826	0,823	0,821	0,82	0,818	0,815	0,814	0,814	0,814	0,814	0,815	0,818	0,82
Q	Zdravotní a sociální péče	0,862	0,842	0,844	0,838	0,833	0,833	0,835	0,835	0,834	0,834	0,832	0,83	0,829	0,829	0,83	0,848
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	0,878	0,875	0,871	0,868	0,867	0,867	0,868	0,868	0,871	0,868	0,868	0,865	0,863	0,862	0,862	0,86
S	Ostatní činnosti	0,879	0,879	0,876	0,876	0,881	0,882	0,878	0,878	0,874	0,872	0,871	0,871	0,87	0,868	0,866	0,863
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.16: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	10 314 519	10 630 899	10 830 152	11 048 764	11 176 850	11 359 014	11 553 508	11 700 407	11 885 523	12 078 818	12 295 515	12 538 366	12 856 494	13 135 785	13 354 281	13 525 276
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	189 074	205 939	207 762	230 419	208 749	208 489	213 526	215 053	214 599	212 704	212 397	213 747	219 288	222 114	220 615	219 964
B	Těžba a dobývání	95 271	106 354	110 380	113 059	114 534	116 285	121 712	125 702	124 294	125 458	126 889	128 607	131 242	134 198	141 510	144 513
C	Zpracovatelský průmysl	922 311	993 710	1 043 912	1 091 832	1 139 046	1 193 909	1 262 247	1 323 915	1 389 226	1 462 355	1 523 229	1 579 985	1 663 562	1 727 581	1 737 909	1 748 462
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	463 320	504 501	534 796	557 771	574 462	580 554	581 077	571 076	565 714	553 620	545 924	522 822	531 707	541 442	562 112	589 532
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	227 540	233 649	237 962	242 006	247 377	253 274	258 117	261 952	265 788	270 089	273 405	274 488	277 464	280 385	287 107	285 043
F	Stavebnictví	123 740	133 002	146 736	155 272	158 617	167 442	181 348	189 430	198 649	205 431	210 797	218 594	229 242	242 916	253 211	251 574
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	281 624	313 910	325 802	350 390	379 746	392 426	407 282	423 365	442 388	457 589	483 762	509 446	532 796	553 910	567 098	573 026
H	Doprava a skladování	894 894	917 064	950 294	978 985	1 004 702	1 030 156	1 055 461	928 434	974 544	1 009 287	1 064 931	1 125 295	1 181 602	1 235 168	1 284 789	1 308 156
I	Ubytování, stravování a pohostinství	94 000	99 114	103 217	103 027	106 153	109 458	110 429	114 409	122 212	126 979	132 492	140 863	145 053	146 633	147 454	146 098
J	Informační a komunikační činnosti	121 248	165 672	204 357	244 450	262 907	292 268	322 309	327 484	323 094	323 343	323 956	328 989	335 095	329 583	337 812	337 715
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	135 040	150 772	161 437	165 534	165 125	167 968	168 065	172 274	173 008	172 441	170 115	170 370	170 697	174 401	171 848	173 635
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	2 838 765	2 853 990	2 866 896	2 902 172	2 937 709	2 983 802	3 034 669	3 095 606	3 159 666	3 222 904	3 296 725	3 387 877	3 496 269	3 594 593	3 666 293	3 754 133
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	184 945	188 979	197 179	199 044	207 745	212 010	214 330	217 204	210 751	215 182	221 339	229 141	234 849	240 858	255 597	257 734
N	Administrativní a podpůrné činnosti	47 140	49 499	48 806	53 343	58 633	62 119	62 895	66 889	70 731	76 147	82 191	90 331	99 027	110 592	112 930	118 164
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	2 394 416	2 382 266	2 359 518	2 331 551	2 283 813	2 249 644	2 206 219	2 308 331	2 282 720	2 277 650	2 256 631	2 251 250	2 244 079	2 235 750	2 225 951	2 249 737
P	Vzdělávání	959 293	940 205	918 950	898 842	882 982	871 569	861 396	847 773	831 221	817 782	807 514	799 089	790 783	782 626	784 210	777 299
Q	Zdravotní a sociální péče	281 939	290 289	288 745	286 124	280 910	288 142	298 304	307 796	318 111	325 465	329 675	328 544	330 311	335 782	343 367	331 233
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	118 995	117 566	121 321	124 581	127 073	131 804	138 190	144 990	156 364	159 321	165 589	168 235	171 610	175 391	180 760	185 308
S	Ostatní činnosti	60 160	62 783	57 655	57 149	60 104	61 957	61 342	62 636	64 686	65 884	67 954	70 693	72 676	74 183	76 761	75 999
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.17: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	0,909	0,908	0,907	0,907	0,904	0,904	0,903	0,903	0,903	0,903	0,904	0,905	0,906	0,907	0,908	0,909
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	0,986	0,990	0,990	0,999	0,920	0,921	0,924	0,924	0,925	0,926	0,927	0,929	0,931	0,933	0,933	0,933
B	Těžba a dobývání	0,857	0,857	0,862	0,861	0,860	0,859	0,861	0,931	0,916	0,916	0,917	0,917	0,918	0,920	0,920	0,919
C	Zpracovatelský průmysl	0,919	0,919	0,917	0,917	0,917	0,916	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,912	0,912	0,910	0,910
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	0,949	0,942	0,938	0,935	0,933	0,932	0,934	0,937	0,942	0,947	0,954	0,961	0,967	0,972	0,977	0,979
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	0,938	0,937	0,937	0,931	0,932	0,938	0,936	0,942	0,941	0,940	0,939	0,937	0,937	0,936	0,935	0,935
F	Stavebnictví	0,923	0,922	0,924	0,923	0,919	0,918	0,918	0,914	0,911	0,909	0,907	0,905	0,905	0,905	0,903	0,901
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	0,910	0,914	0,914	0,914	0,912	0,909	0,907	0,906	0,907	0,907	0,910	0,913	0,915	0,914	0,912	0,910
H	Doprava a skladování	0,978	0,976	0,974	0,972	0,969	0,967	0,965	0,954	0,952	0,951	0,951	0,952	0,951	0,951	0,950	0,950
I	Ubytování, stravování a pohostinství	0,906	0,908	0,909	0,908	0,908	0,909	0,908	0,908	0,910	0,909	0,909	0,909	0,907	0,905	0,902	0,898
J	Informační a komunikační činnosti	0,955	0,963	0,960	0,954	0,945	0,939	0,932	0,919	0,914	0,913	0,914	0,918	0,922	0,925	0,926	0,927
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,948	0,941	0,936	0,932	0,926	0,923	0,921	0,917	0,912	0,909	0,906	0,904	0,900	0,899	0,897	0,913
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	0,881	0,880	0,880	0,881	0,881	0,882	0,883	0,885	0,886	0,888	0,889	0,891	0,894	0,896	0,897	0,899
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	0,910	0,907	0,907	0,903	0,903	0,901	0,897	0,895	0,890	0,889	0,890	0,891	0,892	0,894	0,893	0,892
N	Administrativní a podpůrné činnosti	0,925	0,921	0,916	0,918	0,919	0,919	0,916	0,915	0,913	0,912	0,912	0,911	0,909	0,907	0,902	0,901
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	0,915	0,913	0,911	0,908	0,905	0,903	0,901	0,905	0,904	0,903	0,903	0,902	0,902	0,903	0,902	0,901
P	Vzdělávání	0,872	0,869	0,865	0,862	0,860	0,859	0,858	0,857	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,857	0,860	0,862
Q	Zdravotní a sociální péče	0,894	0,879	0,881	0,878	0,874	0,875	0,876	0,871	0,871	0,871	0,870	0,869	0,869	0,870	0,871	0,883
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	0,903	0,900	0,898	0,896	0,895	0,895	0,896	0,896	0,899	0,897	0,897	0,895	0,893	0,892	0,892	0,891
S	Ostatní činnosti	0,898	0,899	0,898	0,899	0,904	0,904	0,902	0,901	0,901	0,900	0,899	0,900	0,899	0,898	0,898	0,895
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.18: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
NACE Celkem	10 008 905	10 313 520	10 503 821	10 713 147	10 832 430	11 006 014	11 191 731	11 328 830	11 505 046	11 690 485	11 899 897	12 136 572	12 447 575	12 717 110	12 928 852	13 094 558
A Zemědělství, lesnictví a rybaření	182 970	199 609	201 353	223 960	202 285	202 048	207 067	208 534	208 087	206 230	205 957	207 339	212 876	215 673	214 161	213 537
B Těžba a dobývání	92 319	103 258	107 200	109 724	111 099	112 771	118 092	121 980	120 510	121 629	123 019	124 691	127 265	130 193	137 302	140 184
C Zpracovatelský průmysl	895 478	965 102	1 013 329	1 059 842	1 105 530	1 158 645	1 224 907	1 284 358	1 347 329	1 417 990	1 476 522	1 531 085	1 612 434	1 674 274	1 682 821	1 692 081
D Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	455 606	495 472	524 692	546 912	563 035	568 841	569 439	559 753	554 885	543 387	536 314	513 983	523 413	533 513	554 278	581 638
E Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	223 802	229 741	234 000	237 815	243 043	249 087	253 675	257 285	260 934	265 045	268 175	269 092	271 905	274 706	281 183	279 072
F Stavebnictví	120 580	129 587	143 096	151 413	154 512	163 047	176 568	184 225	193 026	199 473	204 520	211 949	222 197	235 391	245 213	243 385
G Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	273 156	305 005	316 475	340 480	368 948	380 853	395 032	410 518	428 964	443 604	469 426	494 520	517 213	537 537	549 998	555 350
H Doprava a skladování	888 358	909 756	942 233	970 139	995 006	1 019 559	1 043 977	915 995	960 913	994 758	1 049 492	1 109 101	1 164 235	1 216 842	1 265 271	1 288 002
I Ubytování, stravování a pohostinství	91 158	96 192	100 212	99 965	103 019	106 244	107 129	110 996	118 656	123 280	128 639	136 775	140 774	142 177	142 821	141 329
J Informační a komunikační činnosti	119 150	163 306	201 357	240 505	258 044	286 375	315 226	319 531	314 639	314 601	315 082	320 041	326 104	320 761	328 770	328 599
K Peněžnictví a pojišťovnictví	130 521	146 383	157 232	161 472	161 156	163 890	163 969	167 971	168 520	167 912	165 566	165 748	165 998	169 624	167 021	168 992
L Činnosti v oblasti nemovitostí	2 727 574	2 741 259	2 752 703	2 786 388	2 820 442	2 865 153	2 914 649	2 972 751	3 034 282	3 095 223	3 166 538	3 255 960	3 362 501	3 455 931	3 526 384	3 612 069
M Profesní, vědecké a technické činnosti	179 640	183 404	191 384	193 018	201 446	205 432	207 447	210 046	203 396	207 642	213 602	221 229	226 706	232 647	246 851	248 755
N Administrativní a podpůrné činnosti	45 945	48 191	47 465	51 912	57 114	60 501	61 181	65 051	68 737	73 978	79 846	87 741	96 144	107 314	109 376	114 377
O Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	2 332 929	2 319 184	2 295 125	2 265 913	2 217 127	2 182 094	2 138 086	2 239 636	2 213 800	2 208 308	2 187 056	2 181 474	2 174 139	2 165 808	2 156 330	2 177 357
P Vzdělávání	921 213	901 621	880 025	859 694	843 721	832 221	822 003	808 416	791 996	778 746	768 700	760 553	752 539	744 717	746 638	740 103
Q Zdravotní a sociální péče	271 600	278 214	276 942	273 959	268 527	275 479	285 354	294 530	304 365	311 435	315 351	314 090	315 680	320 944	328 298	319 126
R Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	115 452	113 998	117 507	120 591	122 966	127 545	133 753	140 369	151 512	154 232	160 281	162 725	165 888	169 481	174 642	178 910
S Ostatní činnosti	58 201	60 751	55 744	55 268	58 216	60 039	59 389	60 657	62 647	63 797	65 811	68 476	70 391	71 829	74 316	73 508
T Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. č. 9.19: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005, miliony Kč

NACE		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Celkem	0,882	0,881	0,880	0,879	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,874	0,875	0,876	0,877	0,878	0,879	0,880
A	Zemědělství, lesnictví a rybaření	0,954	0,960	0,960	0,971	0,891	0,893	0,896	0,896	0,897	0,898	0,899	0,901	0,904	0,906	0,905	0,906
B	Těžba a dobývání	0,830	0,832	0,837	0,835	0,834	0,833	0,835	0,904	0,888	0,888	0,889	0,889	0,891	0,892	0,893	0,892
C	Zpracovatelský průmysl	0,892	0,893	0,891	0,891	0,890	0,889	0,888	0,886	0,885	0,884	0,883	0,882	0,884	0,884	0,881	0,880
D	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	0,933	0,926	0,920	0,916	0,914	0,913	0,915	0,918	0,924	0,930	0,937	0,944	0,952	0,958	0,964	0,965
E	Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	0,923	0,921	0,921	0,915	0,916	0,923	0,920	0,925	0,924	0,922	0,921	0,919	0,918	0,917	0,916	0,915
F	Stavebnictví	0,900	0,898	0,901	0,900	0,896	0,894	0,894	0,889	0,885	0,883	0,880	0,878	0,877	0,877	0,875	0,872
G	Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	0,882	0,888	0,887	0,888	0,886	0,882	0,880	0,879	0,880	0,879	0,883	0,886	0,888	0,887	0,884	0,882
H	Doprava a skladování	0,971	0,968	0,965	0,963	0,960	0,957	0,955	0,941	0,939	0,938	0,938	0,938	0,937	0,937	0,936	0,935
I	Ubytování, stravování a pohostinství	0,878	0,881	0,883	0,881	0,882	0,882	0,881	0,881	0,883	0,883	0,883	0,883	0,881	0,877	0,873	0,869
J	Informační a komunikační činnosti	0,939	0,949	0,946	0,939	0,928	0,920	0,912	0,897	0,890	0,888	0,889	0,893	0,897	0,900	0,902	0,902
K	Peněžnictví a pojišťovnictví	0,916	0,913	0,911	0,909	0,904	0,901	0,899	0,894	0,889	0,885	0,882	0,879	0,876	0,874	0,872	0,889
L	Činnosti v oblasti nemovitostí	0,846	0,846	0,845	0,845	0,846	0,847	0,848	0,850	0,851	0,853	0,854	0,857	0,860	0,861	0,863	0,865
M	Profesní, vědecké a technické činnosti	0,884	0,880	0,880	0,876	0,876	0,873	0,869	0,866	0,859	0,858	0,859	0,860	0,861	0,863	0,863	0,861
N	Administrativní a podpůrné činnosti	0,902	0,897	0,891	0,893	0,896	0,895	0,891	0,890	0,887	0,886	0,886	0,885	0,883	0,880	0,874	0,872
O	Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	0,891	0,889	0,886	0,883	0,879	0,876	0,873	0,878	0,876	0,876	0,875	0,875	0,874	0,874	0,874	0,872
P	Vzdělávání	0,838	0,833	0,829	0,825	0,822	0,820	0,819	0,817	0,815	0,814	0,814	0,814	0,815	0,816	0,819	0,821
Q	Zdravotní a sociální péče	0,861	0,843	0,845	0,840	0,835	0,836	0,838	0,834	0,833	0,834	0,832	0,831	0,830	0,832	0,833	0,851
R	Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	0,876	0,873	0,869	0,867	0,866	0,866	0,867	0,868	0,871	0,868	0,868	0,865	0,864	0,862	0,862	0,860
S	Ostatní činnosti	0,869	0,870	0,868	0,869	0,875	0,876	0,873	0,873	0,873	0,871	0,871	0,871	0,871	0,869	0,869	0,866
T	Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.20: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ (2012b) – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1 Národní hospodářství	6 581 387	7 408 704	8 321 700	9 145 807	9 662 278	10 169 466	10 678 890	10 944 887	11 280 773	11 830 113	12 295 515	12 835 462	13 628 991	14 377 146	14 727 126	14 823 317
S.11 Nefinanční podniky	2 523 037	2 901 110	3 307 263	3 677 325	3 944 370	4 206 520	4 499 693	4 642 753	4 760 657	5 026 633	5 247 826	5 498 624	5 882 630	6 189 072	6 356 926	6 417 238
S.12 Finanční instituce	91 215	110 390	129 794	142 785	148 106	156 018	160 854	162 671	164 706	168 737	168 607	171 964	177 265	186 439	184 810	186 585
S.13 Vládní instituce	2 493 867	2 752 792	3 043 703	3 301 592	3 419 813	3 538 250	3 636 312	3 664 715	3 800 826	3 941 032	4 052 052	4 182 103	4 363 379	4 569 841	4 648 103	4 601 648
S.14 Domácnosti	1 433 346	1 599 736	1 791 406	1 969 348	2 090 459	2 206 309	2 317 779	2 409 441	2 487 944	2 623 870	2 754 095	2 906 433	3 123 885	3 346 670	3 452 103	3 534 053
S.15 Neziskové instituce sloužící domácnostem	39 922	44 676	49 534	54 757	59 530	62 369	64 252	65 307	66 640	69 841	72 935	76 338	81 832	85 124	85 184	83 793

Tab. č. 9.21: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – členění na institucionální sektory, běžné ceny, miliony Kč

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1 Národní hospodářství	0,910	0,908	0,907	0,906	0,905	0,904	0,904	0,904	0,903	0,903	0,904	0,905	0,906	0,907	0,907	0,908
S.11 Nefinanční podniky	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,913	0,913	0,913	0,911	0,912	0,912	0,913	0,914	0,914	0,914	0,913
S.12 Finanční instituce	0,946	0,939	0,934	0,931	0,930	0,927	0,925	0,920	0,915	0,910	0,906	0,903	0,898	0,896	0,895	0,897
S.13 Vládní instituce	0,911	0,908	0,906	0,904	0,902	0,901	0,900	0,898	0,899	0,899	0,899	0,900	0,900	0,901	0,903	0,906
S.14 Domácnosti	0,888	0,888	0,889	0,890	0,892	0,893	0,894	0,894	0,894	0,895	0,896	0,898	0,900	0,901	0,903	0,904
S.15 Neziskové instituce sloužící domácnostem	0,887	0,886	0,885	0,884	0,885	0,884	0,881	0,879	0,877	0,876	0,876	0,877	0,878	0,877	0,875	0,874

Tab. č. 9.22: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1 Národní hospodářství	6 389 010	7 189 506	8 072 555	8 868 441	9 365 495	9 854 692	10 346 029	10 598 845	10 921 003	11 450 374	11 899 897	12 423 669	13 194 075	13 916 616	14 256 658	14 350 296
S.11 Nefinanční podniky	2 455 995	2 823 951	3 217 559	3 576 035	3 833 832	4 087 355	4 371 538	4 509 442	4 620 069	4 877 236	5 091 384	5 334 415	5 707 499	6 004 229	6 164 767	6 219 309
S.12 Finanční instituce	88 245	107 252	126 513	139 384	144 662	152 360	157 063	158 718	160 544	164 373	164 114	167 269	172 314	181 240	179 538	181 524
S.13 Vládní instituce	2 426 712	2 675 538	2 956 398	3 204 475	3 316 583	3 429 691	3 522 796	3 548 070	3 681 187	3 815 946	3 922 989	4 049 123	4 224 619	4 425 600	4 503 995	4 461 496
S.14 Domácnosti	1 379 553	1 539 694	1 724 353	1 895 796	2 013 033	2 125 201	2 232 799	2 319 807	2 395 153	2 525 721	2 651 353	2 799 518	3 011 020	3 223 814	3 326 633	3 407 626
S.15 Neziskové instituce sloužící domácnostem	38 505	43 071	47 732	52 751	57 385	60 085	61 833	62 808	64 050	67 098	70 057	73 344	78 623	81 733	81 725	80 341

Tab. č. 9.23: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – členění na institucionální sektory, běžné ceny, miliony Kč

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S.1 Národní hospodářství	0,883	0,882	0,880	0,878	0,877	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,875	0,876	0,877	0,878	0,878	0,879
S.11 Nefinanční podniky	0,897	0,895	0,893	0,891	0,889	0,887	0,887	0,887	0,885	0,885	0,885	0,886	0,887	0,887	0,886	0,884
S.12 Finanční instituce	0,915	0,912	0,911	0,908	0,908	0,906	0,903	0,898	0,892	0,887	0,882	0,878	0,873	0,871	0,869	0,873
S.13 Vládní instituce	0,887	0,882	0,880	0,877	0,875	0,873	0,871	0,869	0,871	0,870	0,870	0,871	0,872	0,873	0,875	0,878
S.14 Domácnosti	0,855	0,855	0,856	0,857	0,859	0,860	0,861	0,861	0,860	0,861	0,863	0,865	0,867	0,868	0,870	0,872
S.15 Neziskové instituce sloužící domácnostem	0,856	0,854	0,853	0,851	0,854	0,852	0,848	0,845	0,843	0,842	0,842	0,843	0,843	0,842	0,840	0,838

Tab. č. 9.24: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny

V bilanci fixního kapitálu došlo také ke změnám v položce ostatních změn. Je to způsobeno především rozdílným nakládáním se zápornými položkami v ve stavech aktiv. Tyto položky vznikají prodejem a bezúplatným předáním majetku (záporná HTFK) a organizačními změnami (bilancováno v položce ostatních změn). Pakliže vznikne záporná položka, znamená to rozdíl mezi modelovanou a tržní cenou, kterou je nutné zpětně kompenzovat (stav majetku nemůže být záporný). Užitím různých profilů spotřeby SFK dochází k těmto jevům v odlišných letech. Součet prvních pěti řádků se liší od šestého řádku (konečný stav) o položku nákladů na transfer nevyráběných aktiv, která je součástí HTFK, ale není do modelu PIM implementována.

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
IV.1_AN.11	Počáteční stav fixních aktiv	5 873 317	6 581 387	7 408 704	8 321 700	9 145 807	9 662 278	10 169 466	10 678 890	10 944 887	11 280 773	11 830 113	12 295 515	12 835 462	13 628 991	14 377 146	14 727 126
P.51	Tvorba hrubého fixního kapitálu	482 565	564 254	564 587	587 426	593 722	652 309	695 069	707 001	720 659	759 293	804 594	860 157	989 608	1 031 182	927 465	922 952
K.1	Spotřeba fixního kapitálu	-322 022	-357 934	-399 334	-435 370	-460 733	-492 714	-519 069	-529 877	-547 895	-571 479	-588 568	-613 848	-656 639	-695 128	-721 286	-725 866
K.11	Nominální zisky/ztráty z držby	558 905	623 937	777 395	674 786	388 682	352 894	340 332	142 505	172 915	367 047	258 401	293 516	464 764	421 420	151 883	-94 927
K.4-K.12	Ostatní změny objemu aktiv	-10 717	-1 927	-28 632	-1 155	-4 258	-3 987	-5 540	-18 297	-8 304	-4 479	-7 269	1 969	-2 037	-7 156	-3 829	-4 278
IV.3_AN.11	Konečný stav fixních aktiv	6 581 387	7 408 704	8 321 700	9 145 807	9 662 278	10 169 466	10 678 890	10 944 887	11 280 773	11 830 113	12 295 515	12 835 462	13 628 991	14 377 146	14 727 126	14 823 317

Tab. č. 9.25: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, běžné ceny, miliony Kč

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
IV.1_AN.11	Počáteční stav fixních aktiv	0,912	0,910	0,908	0,907	0,906	0,905	0,904	0,904	0,904	0,903	0,903	0,904	0,905	0,906	0,907	0,907
P.51	Tvorba hrubého fixního kapitálu	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
K.1	Spotřeba fixního kapitálu	1,073	1,074	1,063	1,063	1,056	1,052	1,047	1,041	1,035	1,026	1,021	1,018	1,020	1,022	1,015	1,008
K.11	Nominální zisky/ztráty z držby	0,902	0,903	0,906	0,903	0,904	0,907	0,908	0,902	0,895	0,897	0,895	0,898	0,898	0,898	0,931	0,904
K.4-K.12	Ostatní změny objemu aktiv	1,037	-0,831	0,977	3,667	0,921	0,743	1,100	1,042	1,297	1,329	0,967	1,522	0,974	1,126	1,459	0,912
IV.3_AN.11	Konečný stav fixních aktiv	0,910	0,908	0,907	0,906	0,905	0,904	0,904	0,904	0,903	0,903	0,904	0,905	0,906	0,907	0,907	0,908

Tab. č. 9.26: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
IV.1_AN.11	Počáteční stav fixních aktiv	5 705 220	6 389 010	7 189 506	8 072 555	8 868 441	9 365 495	9 854 692	10 346 029	10 598 845	10 921 003	11 450 374	11 899 897	12 423 669	13 194 075	13 916 616	14 256 658
P.51	Tvorba hrubého fixního kapitálu	482 565	564 254	564 587	587 426	593 722	652 309	695 069	707 001	720 659	759 293	804 594	860 157	989 608	1 031 182	927 465	922 952
K.1	Spotřeba fixního kapitálu	-328 897	-365 402	-406 441	-443 296	-468 433	-500 713	-527 103	-537 544	-555 255	-578 246	-595 006	-620 327	-664 033	-703 123	-728 094	-731 353
K.11	Nominální zisky/ztráty z držby	541 500	605 411	754 490	654 619	377 002	342 678	330 463	138 404	167 390	354 939	249 882	283 863	449 305	407 612	148 288	-91 624
K.4-K.12	Ostatní změny objemu aktiv	-10 717	-2 754	-28 567	-1 283	-4 295	-3 763	-5 724	-19 710	-9 147	-5 573	-8 191	1 926	-2 307	-10 967	-3 364	-4 647
IV.3_AN.11	Konečný stav fixních aktiv	6 389 010	7 189 506	8 072 555	8 868 441	9 365 495	9 854 692	10 346 029	10 598 845	10 921 003	11 450 374	11 899 897	12 423 669	13 194 075	13 916 616	14 256 658	14 350 296

Tab. č. 9.27: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, běžné ceny, miliony Kč

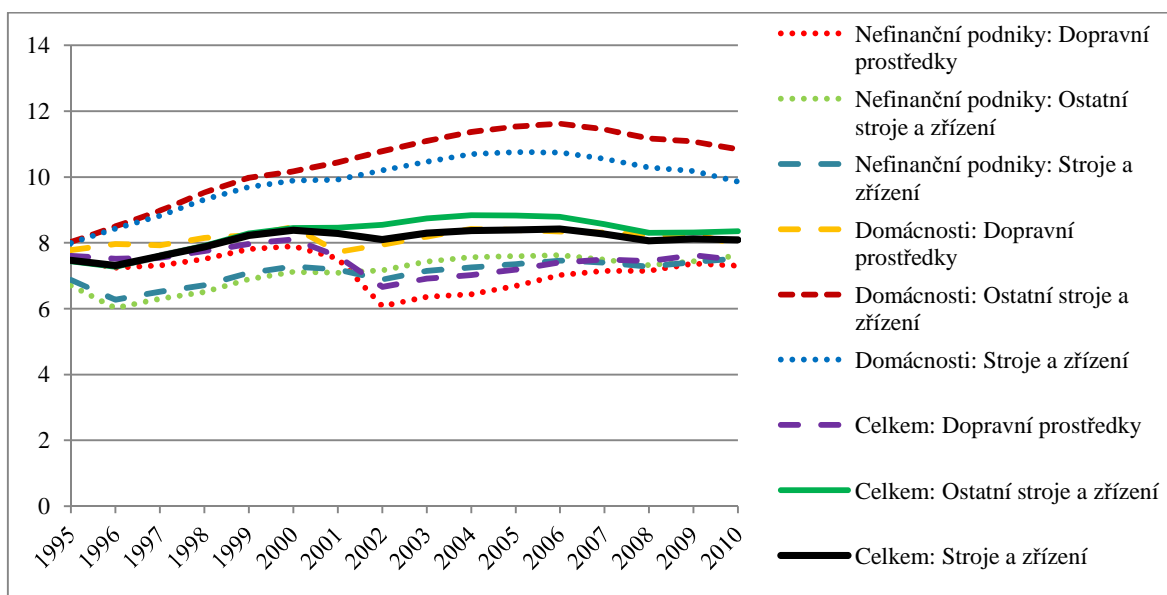
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
IV.1_AN.11	Počáteční stav fixních aktiv	0,886	0,883	0,882	0,880	0,878	0,877	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,875	0,876	0,877	0,878	0,878
P.51	Tvorba hrubého fixního kapitálu	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
K.1	Spotřeba fixního kapitálu	1,096	1,096	1,082	1,082	1,073	1,069	1,063	1,056	1,049	1,038	1,032	1,029	1,031	1,034	1,025	1,015
K.11	Nominální zisky/ztráty z držby	0,874	0,876	0,879	0,876	0,877	0,881	0,881	0,876	0,867	0,867	0,866	0,868	0,869	0,869	0,909	0,873
K.4-K.12	Ostatní změny objemu aktiv	1,037	-1,188	0,974	4,073	0,929	0,701	1,136	1,122	1,429	1,653	1,090	1,488	1,103	1,726	1,282	0,990
IV.3_AN.11	Konečný stav fixních aktiv	0,883	0,882	0,880	0,878	0,877	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,875	0,876	0,877	0,878	0,878	0,879

Tab. č. 9.28: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, běžné ceny

9.2 Alternativní model PIM – odhad věku aktiv

Odhad věkové struktury aktiv je vedlejším (doposud nevyužívaným) výstupem metody nepřetržité inventarizace. Věk je odhadován pomocí hrubého stavu kapitálu a autor tento odhad nedoporučuje pro aktiva s vysokou životností (viz kapitola 5.6).

Obrázek 9.1 vyjadřuje vývoj průměrného věku strojů a zařízení (a podskupin tohoto druhu aktiv – dopravních prostředků a ostatních strojů a zařízení) v odvětví NACE skupina 01 Rostlinná a živočišná výroba, myslivost a související činnosti. Obrázek zachycuje vývoj v institucionálních sektorech domácností a nefinančních podniků a pro ekonomiku celkem, tedy včetně vládních institucí, finančních podniků a neziskových institucí sloužících domácnostem. V roce 2010 však 75,0 % odhadnutého hrubého stavu v tomto odvětví spadalo do sektoru nefinančních podniků a 24,7 % do sektoru domácností.



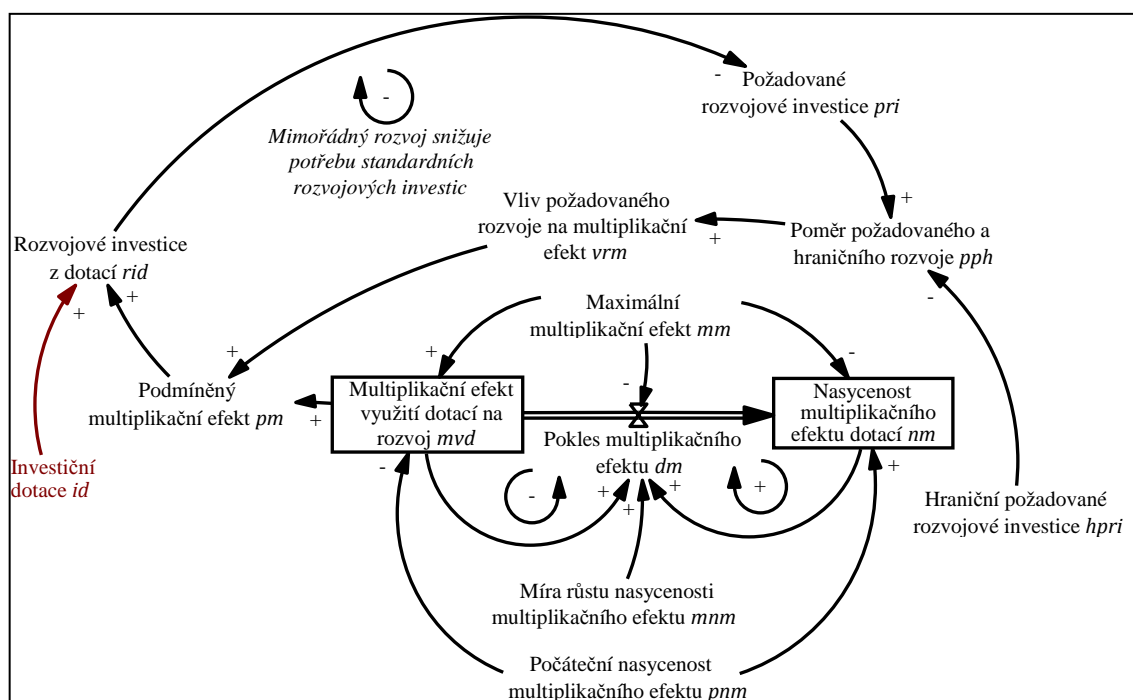
Obr. č. 9.1: Vývoj průměrného věku v letech pro vybrané druhy aktiv, odvětví Rostlinná a živočišná výroba, myslivost a související činnosti

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A Zemědělství, lesnictví a rybaření	7,394	7,246	7,493	7,744	8,068	8,142	8,055	7,919	8,084	8,141	8,162	8,168	8,002	7,808	7,893	7,891
B Těžba a dobývání	8,846	8,387	8,549	8,726	9,034	9,206	9,184	9,340	9,561	9,786	10,001	10,078	10,085	9,806	9,494	9,331
C Zpracovatelský průmysl	7,894	7,786	7,804	7,824	7,865	7,814	7,685	7,578	7,527	7,482	7,509	7,592	7,570	7,558	7,766	7,922
D Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klim. vzduchu	3,888	4,173	4,521	4,845	5,170	5,571	6,193	6,795	7,401	8,027	8,559	9,156	9,361	9,372	9,189	9,041
E Zásobování vodou; činn. souv. s odp. vodami, odpady a sanacemi	5,954	5,719	5,657	5,814	6,004	5,930	6,052	5,988	6,008	5,954	6,032	6,087	6,024	5,990	5,907	5,878
F Stavebnictví	5,841	5,665	5,482	5,486	5,487	5,357	5,052	4,920	4,881	5,018	5,113	5,176	5,095	5,001	5,077	5,293
G Velkoobchod a maloobchod; opravy a údržba motor. vozidel	5,724	5,684	5,564	5,485	5,140	5,077	5,091	5,139	5,207	5,341	5,361	5,423	5,374	5,266	5,256	5,320
H Doprava a skladování	5,616	5,252	5,123	5,019	4,832	4,770	4,732	4,932	5,068	5,264	5,356	5,276	5,272	5,257	5,557	5,802
I Ubytování, stravování a pohostinství	7,050	7,411	7,588	7,945	8,177	8,254	8,219	8,092	7,773	7,730	7,550	7,397	7,028	6,805	6,768	6,931
J Informační a komunikační činnosti	6,493	5,563	4,570	4,132	3,980	3,788	3,759	4,101	4,606	5,060	5,472	5,822	6,158	6,478	6,599	6,674
K Peněžnictví a pojišťovnictví	3,693	3,483	3,546	3,691	4,086	4,058	4,192	3,886	3,848	3,929	4,033	4,001	3,854	3,812	4,062	4,423
L Činnosti v oblasti nemovitostí	6,400	6,273	6,509	5,482	5,884	6,299	6,063	5,032	4,146	3,881	3,830	3,818	3,801	4,191	4,628	5,160
M Profesní, vědecké a technické činnosti	5,432	5,336	5,466	5,361	5,243	5,180	5,108	5,152	5,295	5,338	5,423	5,449	5,412	5,222	5,058	5,142
N Administrativní a podpůrné činnosti	5,539	5,430	5,794	5,535	5,374	5,424	5,498	5,227	5,143	5,076	4,913	4,675	4,406	4,152	4,358	4,476
O Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení	6,145	5,941	6,308	6,633	6,925	7,124	7,545	7,290	7,496	7,391	7,306	7,169	6,934	6,913	7,019	7,136
P Vzdělávání	6,464	6,839	7,342	7,895	8,108	7,878	7,799	7,465	7,530	7,300	7,035	6,757	6,496	6,240	6,231	6,276
Q Zdravotní a sociální péče	8,254	8,017	8,457	8,779	9,236	9,128	8,851	8,535	8,468	8,242	8,016	8,002	7,997	7,952	7,612	7,538
R Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	6,388	6,350	5,882	5,988	6,154	5,931	5,880	5,145	5,168	5,040	5,043	5,170	5,157	5,101	5,253	5,514
S Ostatní činnosti	6,727	7,230	7,777	7,989	8,340	7,894	8,027	7,647	7,387	7,260	7,026	6,707	6,407	6,307	6,349	6,518
T Činnosti domácností jako zaměstnavatelů	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. č. 9.29: Odhad průměrného věku strojů a zařízení v letech pomocí hrubého stavu fixního kapitálu – odvětvová struktura (sekc), tučně minimum, kurzívou maximum

9.3 Dynamická investiční funkce s hraničních rozvojových investic

Na obrázku 9.2 je diagram stavů a toků vlivu dotací na investiční chování. Od obrázku 6.10 se liší využitím parametru „hraniční požadované rozvojové investice $hpri$ “ pro určení bodu, od kterého bude vliv multiplikačního efektu klesat s ohledem na požadované rozvojové investice.



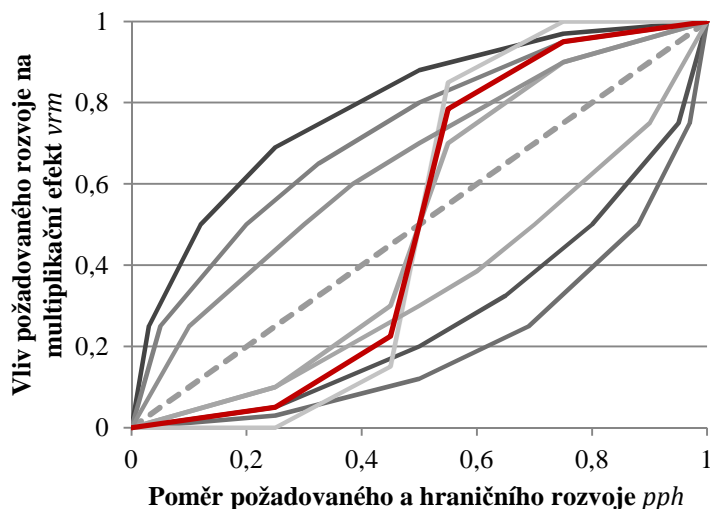
Obr. č. 9.2: Diagram stavů a toků – vliv dotací na investiční chování, varianta využívající hraniční rozvojových investic

Stejně jako v kapitole 6.6 účinkuje multiplikační efekt pouze v případě, že jsou požadované rozvojové investice pri kladné. Při poklesu pri pod úroveň hraničních požadovaných rozvojových investic $hpri$ klesá i multiplikační efekt. Pro zachycení postupného tlumení multiplikačního efektu (vliv požadovaného rozvoje na multiplikační efekt vrm) byla použita grafická funkce LOOKUP pro poměr mezi požadovaným a hraničním rozvojem pph :

$$pph = \frac{pri}{hpri} \quad (9.1)$$

Samotná grafická funkce byla vybírána z několika variant (obrázek 9.3). Minimální hodnota byla vždy 0, maximální 1, výchozí funkcí byla lineární funkce, která vyjadřovala tlumení multiplikačního efektu přesně odpovídající pph (na obrázku 9.3

vyznačena čárkovaně). Při finálním odhadu parametrů bylo dosaženo nejlepších výsledků při použití červeně zvýrazněné funkce, rozdíl oproti ostatním grafickým funkcím však byl minimální (nárůst *MAPE* vždy pod 0,1 %), což je způsobeno především odhadem nízké hranice požadovaných investic *hpri*.



Obr. 9.3: Vliv požadovaných rozvojových investic na multiplikační efekt dotací, varianta využívající hranici rozvojových investic

Mimořádné rozvojové investice z dotací *rid* jsou pak dopočteny pomocí vzorců (6.35) a (6.36). Odhad těchto parametrů byl, stejně jako v kapitole 6.7 proveden pomocí Powellovy optimalizace ($dt = 0,03125$, Eulerova numerická integrace):

$$\begin{aligned}
 0 &\leq mv \leq 1, \\
 1 &\leq zy \leq 4, \\
 0 &\leq rzy \leq 14, \\
 1 &\leq zrk \leq 15, \\
 1 &\leq mm \leq 3, \\
 0,0001 &\leq pnm \leq 0,01, \\
 1 &\leq mnm \leq 2,5, \\
 1 &\leq hpri \leq 20000.
 \end{aligned}
 \tag{9.2}$$

Tabulka 9.30 obsahuje výsledky odhadu pro tři testované varianty propočtu SFK a stárnutí kapitálu. Odhad ukazuje vliv multiplikačního efektu i při velice malých požadovaných rozvojových investicích. V průběhu simulované investiční funkce tak

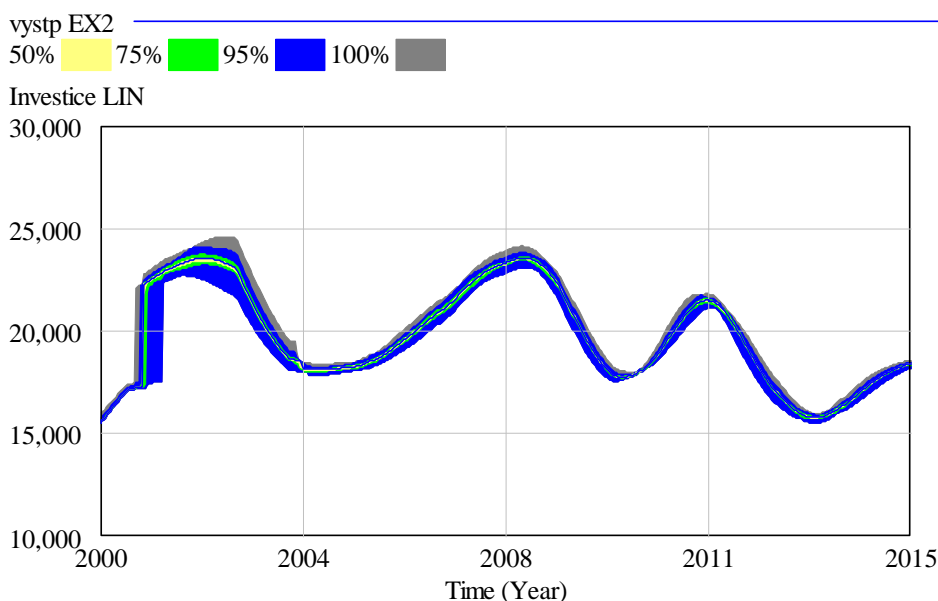
dochází k takřka diskrétním změnám (dosažené výsledky jsou v podstatě shodné jako při použití podmíněného větvení IF THEN ELSE).

Parametr	Výpočet SFK a stárnutí			
	Fixní zpoždění (6.3)-(6.4)	Materiálové zpoždění (6.5)-(6.6)	Bez řetězce stárnutí (6.10)-(6.11)	
Míra zohlednění výstavby	0	0	0	
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	2,1854	1,8657	1,5375	
Řád zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty	11	11	11	
Zpoždění rozvoje kapitálu	13,5401	13,5585	13,6076	
Maximální multiplikační efekt	1,3051	1,9409	2,0281	
Počáteční nasycenost multiplikačního efektu	0,0008	0,0008	0,0008	
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu	2,0263	1,8791	1,8791	
Hraniční požadované rozvojové investice	13,9994	1,6818	1,1423	
MAPE (%)	5,31	4,13	5,38	
Pearsonův korelační koeficient r mezi simulovanými a historickými daty (v závorce p -hodnota)	0,94 (0.000015)	0,90 (0.000135)	0,81 (0.002499)	
Odmocnina ze střední čtvercové chyby odhadu RMSE (mil Kč)	1 390	1 294	1 722	
Theilova statistika nerovnosti:	U^M	0,0239	0,2142	0,2014
	U^S	0,6414	0,2985	0,0921
	U^C	0,3347	0,4872	0,7064

Tab. č. 9.30: Výsledky odhadu parametrů, varianta využívající hranici rozvojových investic

Stejně jako v kapitole 6.7 ukazuje průměrná procentuelní absolutní chyba a korelační koeficient na velmi dobrý odhad chování. Výsledky jsou dokonce lepší, vykazují však již zmíněné takřka diskrétní změny chování a proto byla tato varianta použita pouze pro srovnání a odhad LOOKUP funkce vlivu poměru potenciálního multiplikačního efektu a požadovaných rozvojových investic.

Analýza citlivosti byla provedena pro všechny odhadované parametry. Všem těmto konstantám byla změněna hodnota o $\pm 5\%$ a $\pm 10\%$ (obrázek 9.4). Nejvyšší citlivost na změnu parametru z hlediska změny MAPE model vykazuje u míry růstu nasycenosti multiplikačního efektu a zpoždění vnímání hrubé přidané hodnoty viz tabulka 9.31.

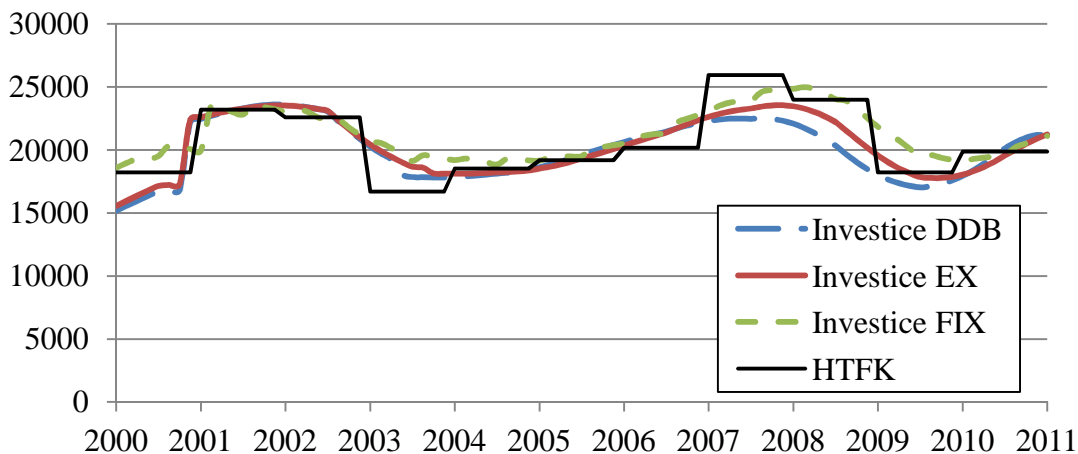


Obr. č. 9.4: Citlivostní analýzy pro model využívající rovnice (6.3) a (6.4) – Investice, varianta využívající hranici rozvojových investic (výstup z Vensim Professional 6.0b)

Parametr	Výpočet SFK a stárnutí		
	Fixní zpoždění	Materiálové zpoždění	Bez řetězce stárnutí
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (+10 %)	5,52	4,66	6,00
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (+5 %)	5,41	4,35	5,69
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (-5 %)	5,67	4,67	5,81
Zpoždění vnímané hrubé přidané hodnoty (-10%)	6,25	5,22	6,26
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (+10 %)	6,03	5,16	5,66
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (+5 %)	5,71	4,64	5,58
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (-5 %)	5,71	4,23	5,55
Míra růstu nasycenosti multiplikačního efektu (-10%)	6,24	4,81	5,86

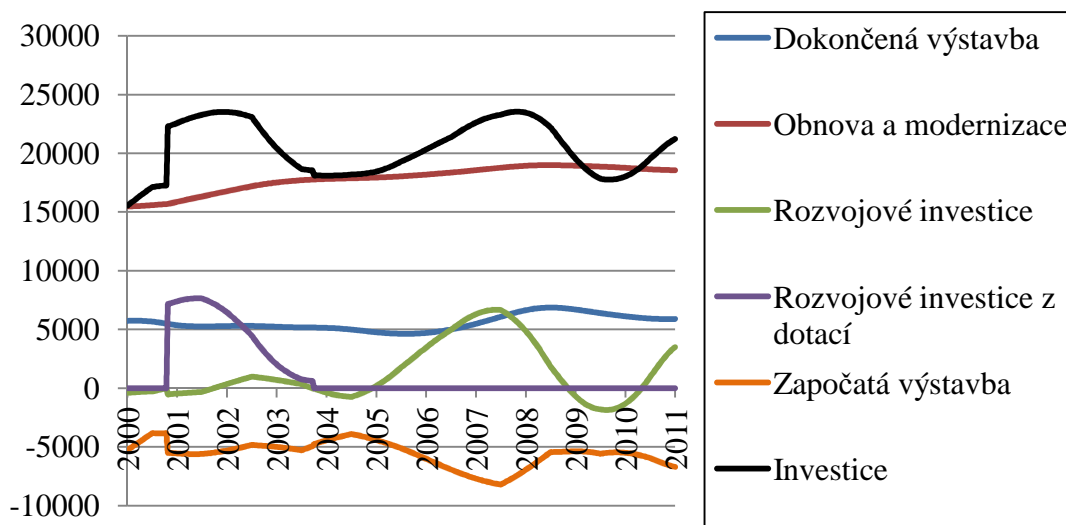
Tab. č. 9.31 MAPE: Citlivostní analýza, nejcitlivější proměnné, varianta využívající hranici rozvojových investic

Na obrázku 9.5 je srovnání investic od ČSÚ (2012b) a odhadu investic pomocí odvozené dynamické investiční funkce s využitím *hpri*. Údaje ČSÚ jsou označeny HTFK, model využívající fixní zpoždění pro modelování stárnutí aktiv a SFK je označen FIX, varianta s materiálovým zpožděním prvního řádu je označena EX, varianta nevyužívající řetězec stárnutí pak DDB. Časová osa zachycuje roky jako reálné číslo, například rok 2010 je tedy vyjádřen rozmezím 2010-2011.



Obr. č. 9.5: Investice v letech 2000-2010, varianta využívající hranici rozvojových investic, mil. Kč v cenách roku 2005 (Zdroj: ČSÚ (2012b) a vlastní výpočet)

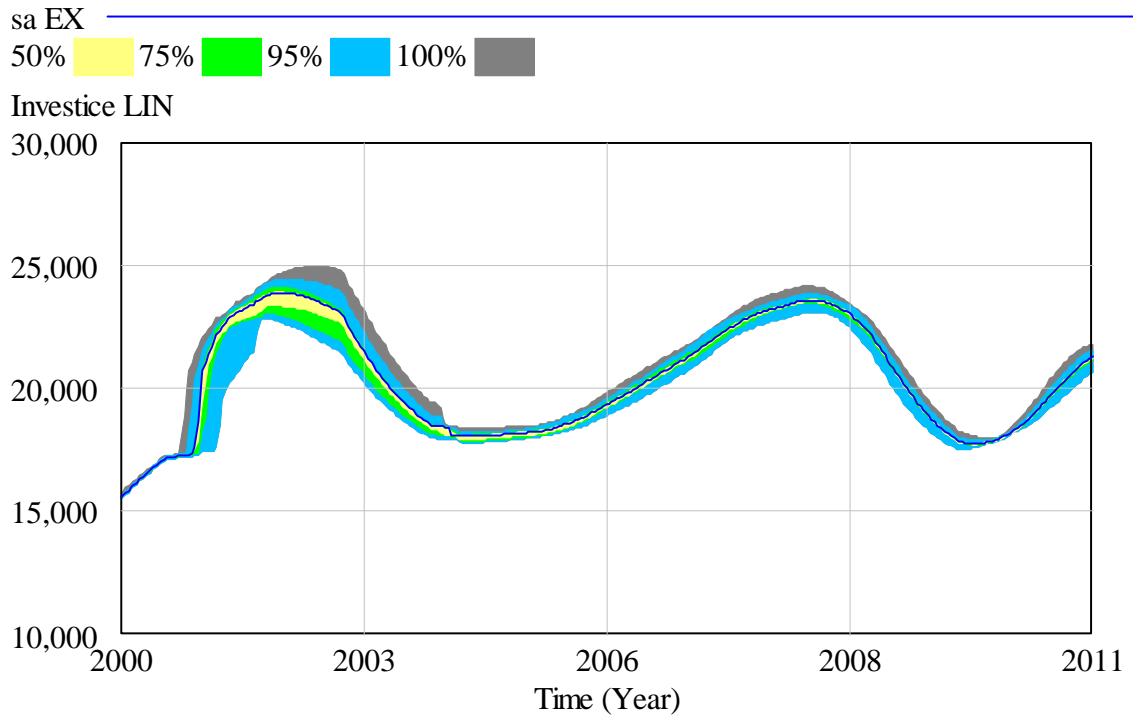
Obrázek 9.6 zachycuje základní složky investiční funkce z modelu s nejnižším MAPE (varianta s materiálovým zpožděním). Interpretace časové osy je stejná jako u obrázku 9.5.



Obr. č. 9.6: Složky investic v letech 2000-2010, varianta využívající hranici rozvojových investic, mil. Kč v cenách roku 2005

9.4 Citlivostní analýza

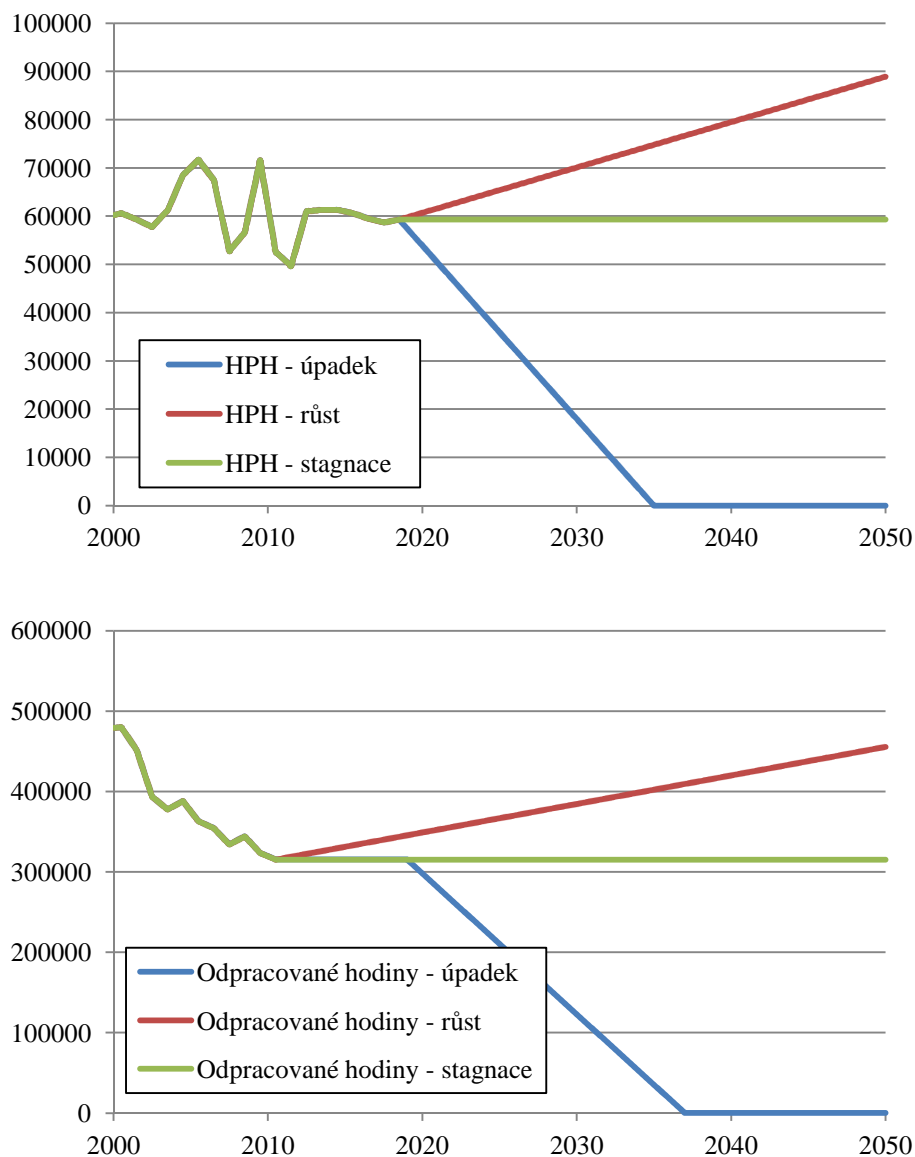
Graf na obrázku 9.7 zachycuje změny chování investiční funkce při 5% a 10% parametrů odhadovaných pomocí Powellovy optimalizace. Tmavě modrá linka představuje simulaci při použití odhadnutých parametrů.



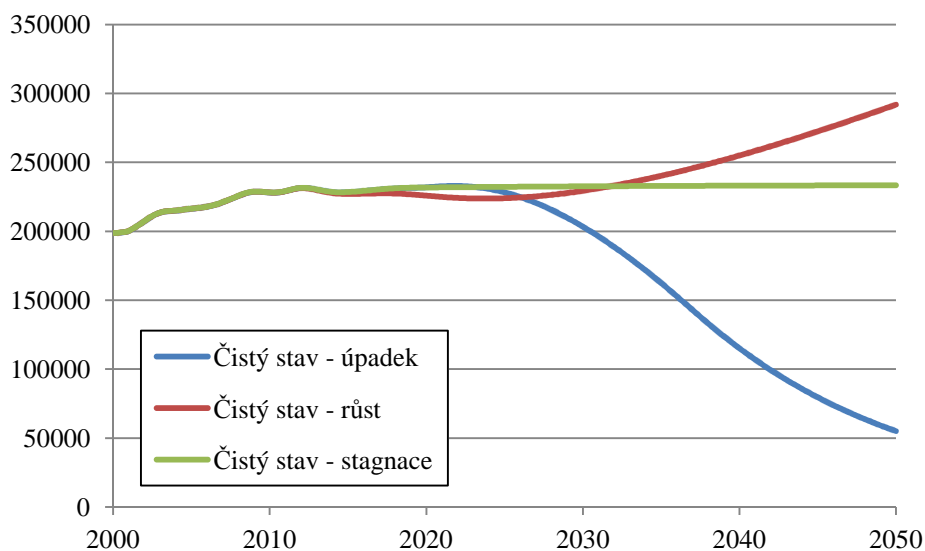
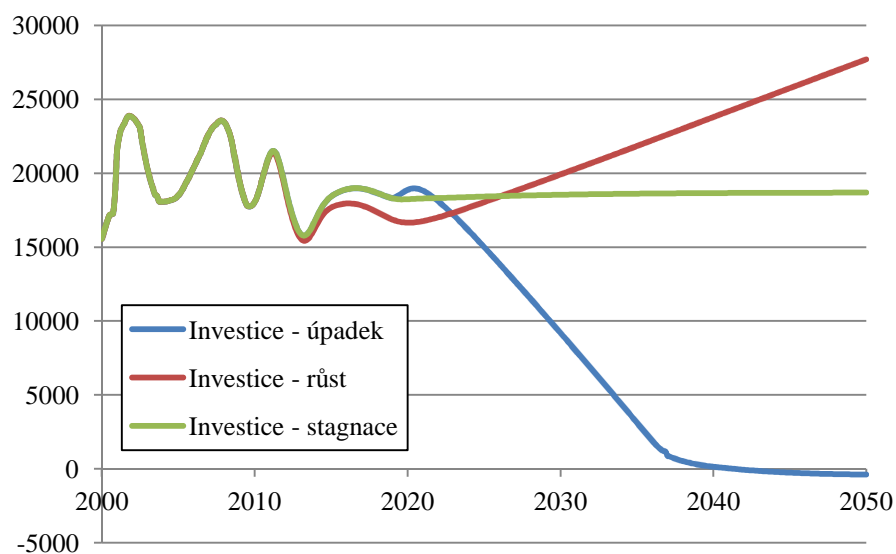
Obr. č. 9.7: Citlivostní analýzy pro model využívající rovnice (6.5) a (6.6) – Investice (výstup z Vensim Professional 6.0b)

9.5 Test růstu a úpadku odvětví

Tento test je prováděn jako jeden z testů na ověření robustnosti modelu, na obrázku 9.8 jsou změněné vstupní hodnoty hrubé přidané hodnoty a odpracovaných hodin, na obrázku 9.9 je pak odpovídající investiční chování a stav kapitálu.



Obr. č. 9.8: Test simulace investičního chování při růstu a úpadku odvětví – vstupní hodnoty, varianta využívající hranici rozvojových investic (mil Kč, stálé ceny roku 2005 a hodiny)



Obr. č. 9.9: Test simulace investičního chování při růstu a úpadku odvětví – investiční chování a vývoj fixního kapitálu, varianta využívající hranici rozvojových investic (mil. Kč, stálé ceny 2005)













9.6 Souhrn z elektronické dokumentace k modelu dynamické investiční funkce

Úvodní souhrn modelu dynamické investiční funkce, vytvořený v softwaru SDM-doc. Tento SW na rozdíl od Vensimu rozlišuje proměnné definované jako vektory či matice a počty proměnných uvádí v souhrnné podobě (např. stavová proměnná, která je definovaná jako vektor o 120 položkách je ve Vensimu počítána jako 120 proměnných, SDM-doc ji uvede jako jedinou proměnnou). Celá dokumentace je k dispozici na přiloženém CD.

Model Information	Number
Total Number of Variables	361
Total Number of State Variables (Level+Smooth+Delay Variables)	38
Total Number of Stocks (Stocks in Level+Smooth+Delay Variables) †	444
Total Number of Macros	0
Time Unit	Year
Initial Time	1948
Final Time	2050
Reported Time Interval	1
Time Step	0.03125
Model Is Fully Formulated	Yes
Modeler-Defined Groups	- No -

Warnings	Number
Undocumented Equations	203
Equations with Embedded Data	130
Variables Not in Any View	0
Incompletely Defined Subscripted Variables	0
Equations with MIN or MAX	12

Potential Omissions	Number
Unused Variables	20
Supplementary Variables	0
Supplementary Variables Being Used	0
Overly Complex Variable Formulations (Richardson's Rule = 3)	31
Overly Complex Stock Formulations	4

 L : Level (27 / 43) *	 SM : Smooth (1 / 11) *	 DE : Delay (10 / 390) * †	 LI : Level Initial (22)	 I : Initial (0)
 C : Constant (48)	 F : Flow (34)	 A : Auxiliary (243)	 Sub : Subscripts (36)	 D : Data (6)
 G : Game (0)	 T : Lookup (15 / 43) ††			

* (state variables / **total stocks**)

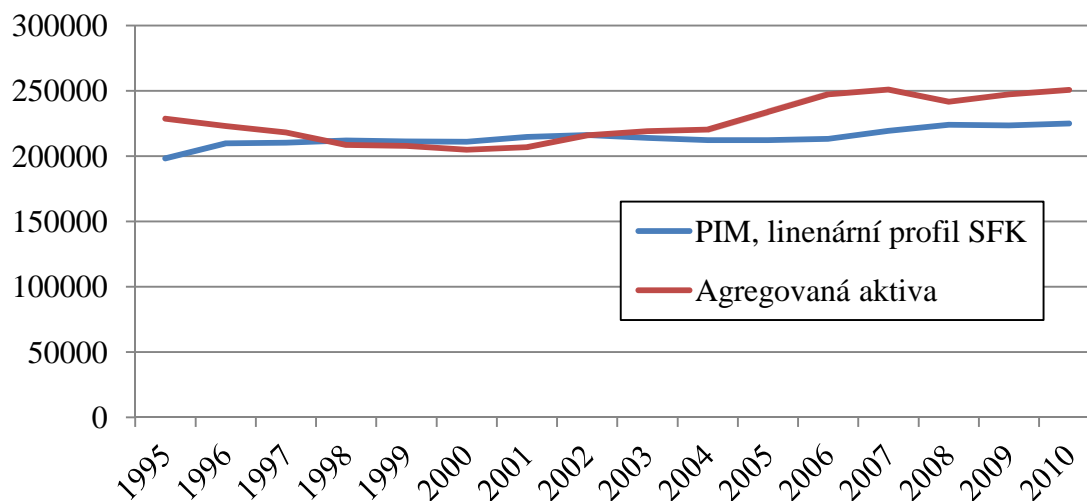
** Feature not yet implemented.

† Total stocks do not include fixed delay variables.

†† (lookup variables / **lookup tables**).

9.7 Agregovaná aktiva – čistý stav fixního kapitálu

Obrázek 9.10 obsahuje srovnání výstupu standardní PIM a modelu s agregovanými aktivy. Pro tyto účely bylo nutné aplikovat PIM i na základní stádo, ačkoli u tohoto aktiva se standardně v národních účtech SFK nepočítá.



Obr. č. 9.10: Agregovaná aktiva - čistý stav fixního kapitálu,
mil. Kč v cenách roku 2005

9.8 Seznam obrázků

Obr. č. 3.1: Lineární pohled na svět.	16
Obr. č. 3.2: Systémový (zpětnovazební) pohled na svět.	17
Obr. č. 3.3: Proces systémové dynamiky	18
Obr. č. 3.4: Různé pohledy na vztah systémové dynamiky a systémové myšlení	19
Obr. č. 3.5: Zdroje dat a informací pro dynamické modely	25
Obr. č. 3.6: Obecná struktura v diagramu stavů a toků	28
Obr. č. 3.7: Pozitivní smyčka prvního řádu generující exponenciální růst	34
Obr. č. 3.8: Materiálové zpoždění 3. řádu	35
Obr. č. 3.9: Srovnání různých materiálových zpoždění	36
Obr. č. 3.10: Diagram stavů a toků informačního zpoždění prvního řádu	37
Obr. č. 3.11: Informační zpoždění 3. řádu	37
Obr. č. 3.12: Srovnání různých informačních zpoždění	38
Obr. č. 3.13: Systémový archetyp „úspěch úspěšným“	40
Obr. č. 4.1: Schéma bilance fixního kapitálu	51
Obr. č. 4.2: Srovnání průběhu hrubého a čistého stavu fixního kapitálu	54
Obr. č. 4.3: Proměnné a jejich vazby v metodě PIM	56
Obr. č. 5.1: Příklad – fiktivní vyřazovací funkce	65
Obr. č. 5.2: Formulář s uživatelským rozhraním alternativního modelu PIM	68
Obr. č. 5.3: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro ekonomiku ČR	70
Obr. č. 5.4: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro ekonomiku ČR	71
Obr. č. 5.5: Varianty spotřeby fixního kapitálu pro netržní výrobce	74
Obr. č. 5.6: Věková struktura strojů a zařízení v odvětví zemědělství lesnictví a rybaření	77
Obr. č. 6.1: Zjednodušený diagram stavů a toků dynamické investiční funkce v NACE A	82
Obr. č. 6.2: Diagram stavů a toků čistého stavu fixního kapitálu	84
Obr. č. 6.3: Diagram stavů a toků čistého stavu fixního kapitálu – finální podoba	87
Obr. č. 6.4: Diagram stavů a toků – investiční výstavba	88
Obr. č. 6.5: Distribuční funkce doby výstavby	90
Obr. č. 6.6: Investiční výstavba, miliony Kč v cenách roku 2005	90
Obr. č. 6.7: Souhrnná produktivita faktorů a proměnné v Cobb-Douglasově produkční funkci v období 1995 – 2000	93
Obr. č. 6.8: Diagram stavů a toků – rozvojové investice	93

Obr. č. 6.9: Investiční dotace	95
Obr. č. 6.10: Diagram stavů a toků – vliv dotací na investiční chování	96
Obr. č. 6.11: Vliv požadovaných rozvojových investic na multiplikační efekt dotací	97
Obr. č. 6.12: Diagram stavů a toků – složky investic	98
Obr. č. 6.13: Investice v letech 2000-2010	104
Obr. č. 6.14: Roční investice v období 2000-2010	104
Obr. č. 6.15: Složky investic v letech 2000-2010	105
Obr. č. 6.16: Investice v letech 2000-2010 při nulovém multiplikačním efektu dotací	105
Obr. č. 6.17: Vybrané ukazatele z modelu dynamické investiční funkce	106
Obr. č. 6.18: Ostatní změny objemu aktiv v NACE A	107
Obr. č. 6.19: Diagram stavů a toků – pokles průměrné životnosti v NACE A	108
Obr. č. 6.20: Investice v letech 2000-2010, všechny druhy fixních aktiv	110
Obr. č. 9.1: Vývoj průměrného věku v letech pro vybrané druhy aktiv, odvětví Rostlinná a živočišná výroba, myslivost a související činnosti	142
Obr. č. 9.2: Diagram stavů a toků – vliv dotací na investiční chování, varianta využívající hranici rozvojových investic	144
Obr. č. 9.3: Vliv požadovaných rozvojových investic na multiplikační efekt dotací, varianta využívající hranici rozvojových investic	145
Obr. č. 9.4: Citlivostní analýza pro model využívající rovnice (6.3) a (6.4) – Investice, varianta využívající hranici rozvojových investic	147
Obr. č. 9.5: Investice v letech 2000-2010, varianta využívající hranici rozvojových investic	148
Obr. č. 9.6: Složky investic v letech 2000-2010, varianta využívající hranici rozvojových investic	148
Obr. č. 9.7: Citlivostní analýza pro model využívající rovnice (6.3) a (6.4) – Investice	149
Obr. č. 9.8: Test simulace investičního chování při růstu a úpadku odvětví – vstupní hodnoty	150
Obr. č. 9.9: Test simulace investičního chování při růstu a úpadku odvětví – investiční chování a vývoj fixního kapitálu	151
Obr. č. 9.10: Čistý stav fixního kapitálu	153

9.9 Seznam tabulek

Tab. č. 3.1: Obecné vlastnosti systémů způsobující dynamickou komplexnost	15
Tab. č. 3.2: Vlastnosti měkkého a tvrdého systémového myšlení	17
Tab. č. 3.3: Typy simulačních modelů podle zachycení dynamiky systému	23
Tab. č. 3.4: Prvky příčinně smyčkového diagramu a jejich interpretace	27
Tab. č. 3.5: Prvky diagramu stavů a toků	28
Tab. č. 5.1: Příklad – časová řada HTFK v cenách základního roku	65
Tab. č. 5.2: Příklad – výpočet dle původního postupu	65
Tab. č. 5.3: Stavy a spotřeba vybraných aktiv při geometrickém profilu SFK s log-normální vyřazovací funkcí	73
Tab. č. 5.4: Vliv geometrického profilu SFK na odhad HDP	75
Tab. č. 6.1: Průměrné životnosti τ vybraných aktiv v CZ-NACE A v letech	85
Tab. č. 6.2: Odhad parametrů investiční funkce	101
Tab. č. 6.3: Základní charakteristiky odhadu dynamické investiční funkce	102
Tab. č. 6.4 MAPE: Citlivostní analýza, nejcitlivější proměnné	103
Tab. č. 6.5: Průměrné životnosti τ dodatečných aktiv v letech	108
Tab. č. 6.6: Odhadnuté parametry poklesu průměrné životnosti aktiv τ	108
Tab. č. 6.7: Výsledky odhadu parametrů, varianta s agregovanými aktivy	109
Tab. č. 9.1: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	120
Tab. č. 9.2: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ, běžné ceny	121
Tab. č. 9.3: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	122
Tab. č. 9.4: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	123
Tab. č. 9.5: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	124
Tab. č. 9.6: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	125
Tab. č. 9.7: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	126

Tab. č. 9.8: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	127
Tab. č. 9.9: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – členění na institucionální sektory, běžné ceny	128
Tab. č. 9.10: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny	128
Tab. č. 9.11: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – členění na institucionální sektory, běžné ceny	129
Tab. č. 9.12: Spotřeba fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory	129
Tab. č. 9.13: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	130
Tab. č. 9.14: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	131
Tab. č. 9.15: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	132
Tab. č. 9.16: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), běžné ceny	133
Tab. č. 9.17: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	134
Tab. č. 9.18: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	135
Tab. č. 9.19: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	136
Tab. č. 9.20: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data ČSÚ – odvětvová struktura (sekce), stálé ceny roku 2005	137
Tab. č. 9.21: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení – členění na institucionální sektory, běžné ceny	138
Tab. č. 9.22: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny	138

Tab. č. 9.23: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci – členění na institucionální sektory, běžné ceny	139
Tab. č. 9.24: Stav čistého fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny	139
Tab. č. 9.25: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, běžné ceny	140
Tab. č. 9.26: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a funkci jednorázového vyřazení, poměr alternativa : oficiální data – členění na institucionální sektory, běžné ceny	140
Tab. č. 9.27: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, běžné ceny	141
Tab. č. 9.28: Bilance fixního kapitálu při geometrickém profilu spotřeby a log-normální vyřazovací funkci, běžné ceny	141
Tab. č. 9.29: Odhad průměrného věku strojů a zařízení v letech pomocí hrubého stavu fixního kapitálu – odvětvová struktura (sekce)	143
Tab. č. 9.30: Výsledky odhadu parametrů, varianta využívající hranici rozvojových investic	146
Tab. č. 9.31 MAPE: Citlivostní analýza, nejcitlivější proměnné, varianta využívající hranici rozvojových investic	147

10 Použitá literatura

ABRAMOVITZ, M. 1993. The Search for the sources of Growth: Areas of Ignorance, Old and New. *The Journal of Economic History*, vol. 53, no. 2, s. 217-243. ISSN 0022-0507.

ANDERSON, E. G., MARTINEZ-MOYANO, I. J. 2011. Special issue of the *System Dynamics Review* on: modeling and simulation of terrorism and insurgency movements: methods, data, and associated challenges. *System Dynamics Review*, vol. 27, no. 2, s. 217-218. ISSN 1099-1727.

BABÍO, N. C. 2011. Is the contraction of demand an excuse for the laissez-faire human resource practices at professional services companies? *System Dynamics Review*, vol. 27, no. 3, s. 294-312. ISSN 1099-1727.

BOROKOV, K. 2003. *Elements of stochastic modelling*. Singapore: World Scientific Publishing, 356 s. ISBN 981-238-301-8.

BOSSEL, H. 2007a. *System ZOO 1 Simulation models – Elementary systems, Physics, Engineering*. Norderstedt: Books on Demand, 184 s. ISBN 978-3-8334-8422-3.

BOSSEL, H. 2007b. *System ZOO 2 Simulation models – Climate, Ecosystems, Resources*. Norderstedt: Books on Demand, 204 s. ISBN 978-3-8334-8423-0.

BOSSEL, H. 2007c. *System ZOO 3 Simulation models – Economy, Society, Development*. Norderstedt: Books on Demand, 272 s. ISBN 978-3-8334-8424-7.

BOURGUET-DÍAZ, R. E., PÉREZ-SALAZAR, G. 2003. On Mathematical Structures for System Archetypes. In: EBERLEIN, R. L., DIKER, V. G., LANGER, R. S. a ROWE J. I. eds. *Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society*, New York City: The System Dynamics Society. 17 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2003/proceed/PAPERS/361.pdf>

BRANDER, P., DIEBALEK, L., SCHUBERT, H. 1998. *Structural Budget Deficits an Sustainability of Fiscal Positions in the European Union*, Working Paper, No. 26. Wien: Oesterreichische Nationalbank, 62 s. Dostupné také z: http://www.oenb.at/de/img/wp26_tcm14-6092.pdf

BRATLEY, P., BENNETT, L. F., LINUS, E. S. 1983. *A Guide to Simulation*. New York: Springer-Verlag, 381 s. ISBN 0-387-90820-X.

CLAUSET, K. H. 1985. Notes on the teaching of system dynamics. *System Dynamics Review*, vol. 1, no. 1, s. 123-125. ISSN 1099-1727.

COHEN, A. J., HARCOURT, G. C. 2003. Whatever Happened to the Cambridge Capital Theory Controversies? *Journal of Economic Perspective*, vol. 17, no. 1, s. 199-214. ISSN 0895-3309.

COYLE, R. G. 1985. The use of optimization methods for policy design in a systém dynamics model. *System Dynamics Review*, vol. 1, no. 1, s. 81-91. ISSN 1099-1727.

COYLE, R. G. 1996. *System dynamics modelling: a practical approach*. London: Chapman & Hall/CRC, 432 s. ISBN 0-412-61710-2.

COWAN, N. 2001. The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 24, no. 1, s. 87-114. ISSN 0140-525X.

- CREATIVE LEARNING EXCHANGE. 2013. *Creative Learning Exchange*. [online], Acton, MA: Creative Learning Exchange [cit. 2013-2-2], Dostupné z: <http://www.clexchange.org/>
- CZECH STATISTICAL OFFICE. 2002. *Gross National Income Inventory*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2009-9-9], 447 s. Dostupné z: http://apl.czso.cz/nufile/GNI_CZ_en.pdf
- ČADIL, J. 2007 Growth accounting, total factor productivity and approximation problem. *Prague Economic Papers*, vol. 16, no. 4, s. 347-357. ISSN 1210-0455.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 151 z roku 1997 v aktualizaci zákonem č. 350 z roku 2012 o oceňování majetku a o změně některých zákonů. Dostupný z: http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/zakony_1092.html
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 128 z roku 2000 v aktualizaci zákonem č. 239 z roku 2012 o obcích. Dostupný z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=128~2F2000&part=&name=&rpp=15#seznam>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2002. *Roční výkaz ekonomických subjektů vybraných produkčních odvětví*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2012-2-2], 27 s. Dostupné z: <http://apl.czso.cz/pll/vykazy/pdfsub?xid=39&xtyp=M>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2012a. *Komentář k výsledkům mimořádné revize ročních národních účtů*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2012-5-21], Dostupné z: <http://apl.czso.cz/nufile/RevizeRNU2011.pdf>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2012b. *Roční národní účty*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2012-4-19], Dostupné z: <http://apl.czso.cz/pll/rocenka/rocenka.indexnu>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2012c. *Struktura věty RES pro externí uživatele*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2012-11-12], Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/struktura_vety_res_pro_externi_uzivatele
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2012d. *Vzory výkazů – Ostatní výkazy pro rok 2012*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2012-11-11], Dostupné z: <http://apl.czso.cz/pll/vykazy/pdf11?xdruvyk=92>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2013a. *Konjunkturální průzkum*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2013-2-17], Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/ckpr012413.doc>
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2013b. *Tabulky dodávek a užití*. [online], Praha: ČSÚ [cit. 2013-9-2], Dostupné z: http://apl.czso.cz/pll/rocenka/rocenkaout.dod_uziti?mylang=CZ
- DANGERFIELD, B., ROBERTS, C. 1999. Optimisation as a statistical estimation tool: An example in testing the AIDS treatment-free incubation period distribution. *System Dynamics Review*, vol. 15 no. 3, s. 273-291. ISSN 1099-1727.
- DAVIDSEN, P. I., BJURKLO, M., WIKSTRÖM, H. 1993. Introducing system dynamics in schools: the Nordic experience. *System Dynamics Review*, vol. 9, no. 2, s. 165-181. ISSN 1099-1727.
- DI EWERT, W. E. 2005. Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates. In CORRADO, C., HALTIWANGER, J., SICHEL, D. eds. *Measuring Capital in the New Economy*. Chicago: University of Chicago Press, s. 479-542. ISBN 0-226-11612-3.
- DLOUHÝ, M. et al. 2007. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer press, 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.

- DOYLE, J. K., FORD, D. N. 1998. Mental models concepts for system dynamics research. *System Dynamics Review*, vol. 14 no. 1, s. 3-29. ISSN 1099-1727.
- EISNER, R. 1960. A distributed lag investment function. *Econometrica*, vol. 28, no. 1, s. 1-29. ISSN 0012-9682.
- ESKINASI, M., ROUWETTE, E., VENNIX, J. 2009. Simulating urban transformation in Haaglanden, the Netherlands. *System Dynamics Review*, vol. 25 no. 3, s. 182-206. ISSN 1099-1727.
- EUROPEAN COMMISSION, UNITED NATIONS, INTERNATIONAL MONETARY FUND, OECD, WORLD BANK. 1994. *System of National Accounts 1993*. New York, Brussels/Luxembourg, Paris, Washington: Commission of the European Communities-Eurostat, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank, 838 s. ISBN 92-1-161352-3.
- EUROPEAN COMMISSION, UNITED NATIONS, INTERNATIONAL MONETARY FUND, OECD, WORLD BANK. 2009. *System of National Accounts 2008*. New York: European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank, 720 s. ISBN 978-92-1-131522-7.
- EUROPEAN COMMISSION. 1996. *European System of Accounts 1995*. Brussels-Luxembourg: Eurostat, 383 s. ISBN 92-827-7954-8.
- FALLAH-FINI, S., RAHMANDAD, H., TRIANTIS, K. DE LA GARZA, J. M. 2010. Optimizing highway maintenance operations: dynamic considerations. *System Dynamics Review*, vol. 26, no. 3, s. 216-238. ISSN 1099-1727.
- FARNSWORTH, G. V. 2008. *Econometrics in R*. [online] Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 50 s. [cit. 2012-4-27] Dostupné z: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Farnsworth-EconometricsInR.pdf>
- FISHER, J.; SIXTA, J. 2009. K propočtu souhrnné produktivity faktorů, *Politická ekonomie*, Vol. 57, No. 4, s. 544-554. ISSN 0032-3233.
- FORRESTER, J. W. 1961. *Industrial dynamics*. Waltham: Pegasus Communications, 464 s.
- FORRESTER, J. W. 1969. *Urban dynamics*. Waltham: Pegasus Communications, 299 s.
- FORRESTER, J. W. 1971a. Counterintuitive behaviour of social systems. *Technology review*, vol. 73, no. 3, s. 52-68. ISSN 0040-1692.
- FORRESTER, J. W. *World dynamics*. 1971b. Cambridge, MA: Wright-Allen press, 142 s.
- FORRESTER, J. W. 1985. "The" model versus a modeling "process". *System Dynamics Review*, vol. 1, no. 1, s. 133-134. ISSN 1099-1727.
- FORRESTER, J. W. 1987a. 14 "obvious truths". *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, s. 156-159. ISSN 1099-1727.
- FORRESTER, J. W. 1987b. Lessons from system dynamics modelling. *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, s. 136-149. ISSN 1099-1727.
- FORRESTER, J. W. 1989a. The System Dynamics National Model: Macrobehavior from Microstructure. In: Milling, P. M., Zahn, E. O. K. eds. *Proceedings of the 7th*

International Conference of the System Dynamics Society, Stuttgart: The System Dynamics Society, s. 3-12. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1989/proceed/plenary%20sessions%20pdf/forre004.pdf>

FORRESTER, J. W. 1989b. *The beginning of System Dynamics*. [online] Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, [cit. 2010-9-10] Dostupné z: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4165-1.pdf>

FORRESTER, J. W. 1993. *System Dynamics and the Lessons of 35 Years*. [online] Acton, MA: Creative Learning Exchange [cit. 2011-3-21], 35 s. Dostupné z: <http://clexchange.org/ftp/documents/system-dynamics/SD1991-04SDandLessonsof35Years.pdf>

FORRESTER, J. W. 1994. System dynamics, system thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2-3, s. 245-256. ISSN 1099-1727.

FORRESTER, N. B. 1987c. The role of econometric techniques in dynamic modeling: systematic bias in the estimation of stock adjustment models. *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, s. 45-67. ISSN 1099-1727.

GIORNO, C., RICHARDSON, P. *et al.*, 1995. Potential Output, Output Gaps and Structural Budget Balances, *OECD Journal: Economic Studies*, no. 24, s. 167-209. ISSN 1995-2856.

GRAHAM, A. K. 1984. Introduction to the system dynamics national model structure. *Proceedings of The 2nd International Conference of the System Dynamics Society*, Oslo: The System Dynamics Society, s. 17-31. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1976/proceed/graha541.pdf>

HABR, J., VEPŘEK, J. 1986. *Systemová analýza a syntéza (zdokonolování a projektování systémů)*. Praha: SNTL, 317 s.

HALL, R., I. 1978. Simple techniques for constructing explanatory models of complex systems for policy analysis. *Dynamica*, vol. 4, no. 3, s. 101-114. ISSN 0306-7564.

HALL, R. I., AITCHISON, P. W., KOCAY, W. L. 1994. Elements of the System Dynamics Method. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 4, s. 337-360. ISSN 1099-1727.

HAMARAT, C., PRUYT, E., KWAKKEL, J. 2012. Adaptive Policymaking under Deep Uncertainty: Optimal Preparedness for the next pandemic. In: HUSEMANN, E., LANE. D. eds. *Proceedings of the 30th International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 17 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1386.pdf>

HAMILTON, M. S. 1976. Estimating Lengths and Orders of Delays in System Dynamics Models. In: RANDERS, J. ERVIK, L. K. eds. *Proceedings of the 1976 International Conference on System Dynamics*, Geilo: The System Dynamics Society, s. 593-628. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1976/proceed/hamil593.pdf>

HEYDER, M., GOETZ, A., *et al.* 2012. Climate Change Actions in the Urban Context: A Tool for Decision Makers. In: HUSEMANN, E., LANE. D. eds. *Proceedings of the 30th International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 17 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1309.pdf>

- HILL, R. J.; HILL, P., 2003. Expectations, capital gains, and income, *Economic Inquiry*, vol. 41, no. 4, s. 607-619. ISSN 0095-2583.
- HINES, J., HOUSE, J. 2001. The source of poor policy: controlling learning drift and premature consensus in human organizations. *System Dynamics Review*, vol. 17, no. 1, s. 3-32. ISSN 1099-1727.
- HOTELLING, H. 1925. A General Mathematical Theory of Depreciation, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 20, no. 151, s. 340-353. ISSN 0162-1459.
- HULTEN, Ch. R., WYKOFF, F. C. 1996. Issues in the measurement of economic depreciation introductory remarks. *Economic Inquiry*, vol. 34, no. 1, s. 10-23. ISSN 0095-2583.
- HUŠEK, R., LAUBER, J. 1987. *Simulační modely*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 352 s.
- CHECKLAND, P. B. 1981. *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: Wiley, 344 s. ISBN 0-471-27911-0.
- CHECKLAND, P. B. 1985. From Optimization to Learning: A Development of Systems Thinking for the 1990s. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 36, no. 9 s. 757-767. ISSN 0160-5682.
- CHECKLAND, P. B., HAYNES, M. G. 1994. Varieties of system thinking: the case of soft system methodology. *System Dynamics Review*, vol. 17, no. 1, s. 189-197. ISSN 1099-1727.
- CHIRINKO, R. S. 1993. Business Fixed Investment Spending: Modeling Strategies, Empirical Results, and Policy Implications. *Journal of Economic Literature*, vol. 31, no. 4, s. 1875-1911. ISSN 0022-0515.
- JANÍČEK, P. 2002. Systémová metodologie. In: *SYSTE 02, System engineering*, Plzeň: Evida, s. 57-85. ISBN 80-86596-06-0.
- JORGENSEN, D. W. 1963. Capital theory and investment behaviour. *American Economic Review*, vol. 53, no. 2, s. 247-259. ISSN 0002-8282.
- JORGENSEN, D. W. 1966. Rational distributed lag functions. *Econometrica*, vol. 34, no. 1, s. 135-149. ISSN 0012-9682.
- JORGENSEN, D. W. 1996. *Investment, Vol. 1: Capital Theory and Investment Behaviour*. Cambridge: MIT Press, 536 s. ISBN 0-262-10056-8.
- JORGENSEN, D. W. 1999. *New Methods for Measuring Capital*. [online], Washington D. C.: Canberra I Group on Capital Measurement. 17 s. [cit. 2012-1-2] Dostupné z: <http://www.oecd.org/dataoecd/13/28/2550626.pdf>
- JORGENSEN, D. W. 2000. *Econometrics, Vol. 1, Econometric Modeling of Producer Behaviour*. Cambridge: MIT Press, 450 s. ISBN 0-262-10082-7.
- JORGENSEN, D. W., HUNTER, J., NADIRI, M. I. 1970. A comparison of alternative econometric models of quarterly investment behaviour. *Econometrica*, vol. 38, no. 2, s. 187-212. ISSN 0012-9682.
- KALMAN, R. E. 1979. A System-Theoretic Critique of Dynamic Economic Models. In Lazarević B. eds. *Global and large scale system models: proceedings of the Center for Advanced Studies (CAS)*, Berlin: Springer, s. 3-24. ISBN 3-540-09637-X.

- KAPLAN, R. S, NORTON, D. P. 1996. Using Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard business review*, vol. 74, no. 1, s. 75-85. ISSN 0017-8012.
- KIM, H., ANDERSEN, D. F. 2012. Building confidence in causal maps generated from purposive text data: mapping transcripts of the Federal Reserve. *System Dynamics Review*, vol. 28, no. 4, s. 311-328. ISSN 1099-1727.
- KIM, D. H., SENGE, P. M. 1994. Putting systems thinking into practice. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2-3, s. 277-290. ISSN 1099-1727.
- KLEIJNEN, J. P. C. 1995. Sensitivity analysis and optimisation of system dynamics models: regression analysis and statistical design of experiments. *System Dynamics Review*, vol. 11, no. 4, s. 275-288. ISSN 1099-1727.
- KLEIN, L. R. 1958. The estimation of distributed lags. *Econometrica*, vol. 26, no. 4, s. 553-565. ISSN 0012-9682.
- KOONTZ, H., WEIHRICH, H. 1993. *Management*. Přel. V. Dolanský. Praha: Victoria publishing, 664 s. Přel. z: Management. ISBN 80-85605-45-7.
- KOUMANAKOS, P., R., LANDRY, R., HUANG, K., WOOD, S. 1999. *Canadian net capital stock estimates and depreciation profiles: A comparison between the existing series nad a test series using the US (BEA) methodology*. [online] Otava: Statistics Canada. [cit. 2012-7-31] Dostupné z: <http://www.oecd.org/std/nationalaccounts/2551778.pdf>
- KOYCK, L. M. 1954. *Distributed lags and investment analysis*. Amsterdam: North-Holland, 111 s.
- KREJČÍ, I. 2010. Computation of Stocks and Consumption of Fixed Capital with use of Markov Chain. In: HOUDA, M., FRIEBELOVÁ, J. eds. *Proceedings of the 28th International Conference on Mathematical methods in Economics*, České Budějovice: University of south Bohemia in České Budějovice, s. 365-370. ISBN 9778-80-7394-218-2.
- KREJČÍ, I., SIXTA, J. 2012. Využití alternativních metod při odhadech stavů a spotřeby fixního kapitálu. *Politická ekonomie*, 2012, vol. 60, no. 5, s. 780-800. ISSN: 0032-3233.
- KREJČÍ, I., ŠVASTA, J. 2011. Gross Fixed Capital Dynamics. In: DLOHÝ, M. SKOČDOPOLOVÁ, V. eds. *Proceedings of 29th International Conference Mathematical methods in economics*, Praha: Professional publishing, s. 380-384. ISBN 978-80-7431-058-4.
- KREJČÍ, I., ŠVASTA, J. 2012. The impact of alternative approaches to the measurement of fixed capital. In: RAMÍK, J. STAVÁREK, D. eds. *Proceedings of 30th International Conference Mathematical methods in economics*, Karviná: Silesian University, s. 473-477. ISBN 978-80-7248-779-0.
- LANE, D. C. 1994. With a little help from our friends: how system dynamics and the soft OR can learn from each other. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2-3, s. 101-134. ISSN 1099-1727.
- LYNEIS, J. M. 1999. System dynamics for business strategy: a phased approach. *System Dynamics Review*, vol. 15, no. 1, s. 37-40. ISSN 1099-1727.

- MARTINEZ-MOYANO, I. J. 2012. Documentation for model transparency, *System Dynamics Review*, vol. 28, no. 2, s. 199-208. ISSN 1099-1727.
- MASS, N. J. 1976. Stock and flows variables and the dynamics of supply and demand. In: RANDERS, J. ERVIK, L. K. eds. *Proceedings of The 1976 International Conference on System Dynamics*, Geilo: The System Dynamics Society, s. 381-409. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1976/proceed/mass381.pdf>
- MEADOWS, D. H, MEADOWS, D. L., RANDERS, J. BREHRENS, W. W. 1972. *The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books, 205 s. ISBN 0-87663-165-0.
- MEADOWS, D. H., RANDERS, J., MEADOWS, D. 2004a. *The Limits to growth: The 30-year update*. Vermont: Chelsea Green Publishing Company, 368 s. ISBN 1-931498-58-X.
- MEADOWS, D. H., RANDERS, J., MEADOWS, D. 2004b. *The Limits to growth: The 30-year update*. [CD-ROM] Vermont: Chelsea Green Publishing Company. ISBN 1-931498-847.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. 2007. The history and conclusions of The Limits to Growth. *System Dynamics Review*, vol. 23, no. 2-3, s. 191-197. ISSN 1099-1727.
- MEADOWS, D. H. 2008. *Thinking in Systems. A Primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing Company, 240 s. ISBN 978-60358-055-7.
- MEDONOS, T., RATINGER, T., HRUŠKA, M., ŠPIČKA, J. 2012. The Assessment of the Effects of Investment Support Measures of the Rural Development Programmes: the Case of the Czech Republic. [online], *Agris on-line Papers in Economic and Informatics*, vol. 4, no. 4. s. 35-48 [cit. 2013-2-2]. ISSN 1804-1930. Dostupné z: http://online.agris.cz/files/2012/agris_on-line_2012_4_medonos_rating_rhruska_spicka.pdf
- MICROSOFT. 2011. *Description of the NORMDIST function in MS Excel* [online] Microsoft. [cit. 2012-3-4] Dostupné z: <http://support.microsoft.com/kb/827369/en-us>
- MILDEOVÁ, S., VOJTKO, V., et al. 2006. *Manažerské simulace dynamických procesů*. Praha: Oeconomica, 106 s. ISBN 80-245-1055-3.
- MILLER G. A. 1956. Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, vol. 63, no. 2, s. 81-97. ISSN 0033-295X.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. 2007. Program rozvoje venkova České republiky na období 2007-2012. [online] Praha: MZV [cit. 2013-1-1], 324 s. Dostupné z: http://www.szif.cz/irj/portal/anonymous/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fdokumenty_ke_stazeni%2Fefafd%2F1180428724933.pdf
- MOJTAHEDZADEH, M. 2011. Consistency in explaining model behavior based on its feedback structure. *System Dynamics Review*, vol. 27, no. 4, s. 358-373. ISSN 1099-1727.
- MORECROFT, J. D. W. 1982. A critical review of diagramming tools for conceptualizing feedback system models. *Dynamica*, vol. 8, no. 1, pp 20-29. ISSN 0306-7564.

- MORECROFT, J. D. W. 1984. Strategy Support Models. *Strategic Management Journal*, vol. 5, no. 3, s. 215-229. ISSN 0143-2095.
- MORECROFT, J. D. W. 1985. The feedback view of business policy and strategy. *System Dynamics Review*, vol. 1, no. 1, s. 4-19. ISSN 1099-1727.
- MOULTON, B. R. 2004. The system of national accounts for the new economy: what should change? *Review of Income and Wealth*, vol. 50, no. 2, s. 261-278. ISSN 1475-4991.
- NEUMAIEROVÁ, I., NEUMAIER, I. 2005. Dynamický scorecard INFA. *Acta Oeconomica Pragensia*, vol. 13, no. 4, s. 120-136. ISSN 0572-3043.
- NEUMAIEROVÁ, I., NEUMAIER, I. 2008. Proč se ujal index IN a nikoli pyramidový systém ukazatelů INFA. *Ekonomika a management*, vol. 2, no. 4, 10 s. ISSN 1802-8407.
- OECD. 1993. *Methods used by OECD countries to measure stocks of fixed capital, National accounts: sources and methods no. 2*. Paris: OECD. 65 s.
- OECD. 2001. *Measuring Capital: OECD Manual: Measurement of capital stocks, consumption of fixed assets and capital services*. OECD Publishing. 131 s. ISBN 92-64-18702-2.
- OECD. 2009. *Measuring Capital - OECD Manual 2009: Second edition*. OECD Publishing. 233 s. ISBN 978-92-64-02563-9.
- ONDRUŠ, V. 2011. Compilation of Non-financial Balances in the Czech Republic. In: *Conference on Strengthening Sectoral Position and Flow Data in the Macroeconomic Accounts*, 2011, Washington DC: IMF, OECD. [cit. 2010-11-14] Dostupné z: <http://www.imf.org/external/np/seminars/eng/2011/sta/pdf/Czech.pdf>
- OSSIMITZ, G. 2000. Teaching System Dynamics and System thinking in Austria and Germany. In: DAVIDSEN, P. I., FORD, D. N., MASHAYEKHI, A. N. eds. *Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society*, Bergen: The System Dynamics Society.
- PAICH, M., PECK, C., VALANT, J. 2011. Pharmaceutical market dynamics and strategic planning: a system dynamics perspective. *System Dynamics Review*, vol. 27, no. 1, s. 47-63. ISSN 1099-1727.
- PAKES, A., GRILICHES, Z. 1984. Estimation Distribution Lags in Short Panels with an Application to the Specification of Depreciation Patterns and Capital Stock Constructs. *Review of Economic Studies*, vol. 51, no. 2, pp 243-262. ISSN 0034-6527.
- PALM III, W. J. 2010. *System dynamics*. Second edition, New York: McGraw-Hill, 837 s. ISBN 978-007-126-779-3.
- PIGOU, A. C. 1935. Net income and capital depletion. *The Economic Journal*, 1935, vol. 45, no. 178, pp 235-241. ISSN 0013-0133.
- PRESS, W. H., TEUKOLSKY, S. A., VETTERLING W. T., FLANNERY, B. P. 2002. *Numerical Recipes in C. Second edition*. Cambridge: Cambridge university press. 1020 s. ISBN 0-521-43108-5.
- PROVERBS. 2011a. *VENSIM : PROVERBS* [online]. Praha: Proverbs a.s. [cit. 2011-11-14] Dostupné z: <http://www.proverbs.cz/vensim/>.

- PROVERBS. 2011b *Dynamický Balanced Scorecard – na zakázku* [online]. Praha: Proverbs a.s. [cit. 2011-11-14] Dostupné z: <http://www.proverbs.cz/products/dynamicky-balanced-scorecard-na-zakazku/>
- RAHMANDAD, H., SIDBARI, S. 2012. Joint pricing and openness decisions in software markets with reinforcing loops. *System Dynamics Review*, vol. 28, no. 3, s. 209-229. ISSN 1099-1727.
- RAHMANDAD, H., STERMAN, J. D. 2012. Reporting guidelines for simulation-based research in social sciences. *System Dynamics Review*, vol. 28, no. 4, s. 396-411. ISSN 1099-1727.
- RALSTON, A. 1978. *Základy numerické matematiky*. Přel. M. Práger a E. Vitásek. Praha: Polygrafia, 636 s. Přel. Z A first course in numerical analysis.
- RAO, S. S. 2002. *Applied numerical methods for engineers and scientists*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1060 s. ISBN 103089480X.
- RATNATUNGA, A., K., SHARP, J. A. 1976. Linearization and order reduction in system dynamics models. *Dynamica*, vol. 2, no. 2, pp 87-94. ISSN 0306-7564.
- RICHARDSON, G. P. 1994. Problems in causal loop diagrams revisited. *System Dynamics Review*, vol. 13, no. 3, s. 247-252. ISSN 1099-1727.
- ROBINSON, J. 1953-1954. The Production function and the Theory of Capital, *The Review of Economic Studies*, vol. 21, no 2. s. 81-106. ISSN 1467-937X.
- ROSENHEAD, J. MINGERS, J. 2001. *Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, Chichester: Wiley, 375 s. ISBN 0-471-49523.
- RICHMOND, B. 1994. System thinking/system dynamics: let's just get on with it. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2-3, s. 189-197. ISSN 1099-1727.
- SENGE, P. M. 1978. *The system dynamics national model investment function: A comparison to the neoclassical investment function* [online], Disertační práce. MIT Sloan School of Management, 425 s. [cit 2010-11-18] Dostupné z: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/16413> [disertační práce, nepublikováno].
- SENGE, P. M. 2009. *Pátá disciplína. Teorie a praxe učící se organizace*. Přel. I. Grusová. Praha: Management press, 440 s. Přel. z: The Fifth Discipline. The Art and Practice of the Learning Organization. ISBN 978-80-7261-162-1.
- SHONFELDER, J. L. 1978. Chebyshev Expansions for the Error and Related Functions. *Mathematics of Computation*, vol. 32, no. 144, s. 1232-1240. ISSN 0025-5718.
- SCHADE. B. 2012. Future Development of 2nd generation Biofuels in Transport considering Learning Rates. In: HUSEMANN, E., LANE. D. eds. *Proceedings of the 30th International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 27 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1108.pdf>
- SCHMALWASSER, O., SCHIDLOWSKI, M. 2006. Kapitalstockrechnung in Deutschland. *Wirtschaft und Statistik*, vol. 11, s. 1107-1123, Statistisches Bundesamt. ISSN 0043-6143.
- SIMON, H. A. 1955. Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, no. 1, s. 99-118. ISSN 0033-5533.

- SIMON, H. A. 1956. Rational choice and the structure of environment. *Psychological Review*, vol. 63, no. 2, s. 129-138. ISSN 0033-295X.
- SIMON, H. A. 1979. Rational Decision Making in Business Organizations. *American Economic Review*, vol. 69, no. 4, s. 493-513. ISSN 0002-8282.
- SIXTA, J. 2007. Odhady spotřeby fixního kapitálu. *Statistika*, vol. 87, no. 2, s. 156-163. ISSN 0322-788X.
- SIXTA, J. 2009. *Využití matematicko-statistického modelování pro odhady spotřeby fixního kapitálu a stavů nefinančních aktiv*. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická, 127 s. [disertační práce, nepublikováno].
- SIXTA, J., VLTAVSKÁ, K., ZBRANEK, J. 2011. Souhrnná produktivita faktorů na službách práce a kapitálu. *Politická ekonomie*, vol. 59, no. 5, pp 599-617. ISSN 0032-3233
- SMIL, V. 2005. *Energy at the Crossroads: global perspectives and uncertainties*. Cambridge: MIT Press, 427 s. ISBN 0-262-69324-0.
- SOLOW, R. M. 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, no. 3, s. 312-320. ISSN 0034-6535.
- SOLOW, R. M. 1960. On family of lag distribution. *Econometrica*, vol. 28, no. 2, s. 393-406. ISSN 0012-9682.
- SPREADSHEET ADVICE. 2011. *VBA normal distribution functions – fast and accurate*. [online] [cit. 2011-12-23] Dostupné z: http://www.spreadsheetadvice.com/2011/04/normal_distribution/
- SRAFFA, P. 1960. *Production of commodities by means of commodities: prelude to a critique of economic theory*. Cambridge: Cambridge university press, 98 s. ISBN 0-521-06539-2.
- STERMAN, J. D. 1984. Appropriate Summary Statistics for Evaluating the Historical Fit of System Dynamics Models. *Dynamica*, vol. 10, no. 2, s. 51-66. ISSN 0306-7564.
- STERMAN, J. D. 1994. Learning in and about complex systems. *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2-3, s. 189-197. ISSN 1099-1727.
- STERMAN, J. D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 1008 s. ISBN 0-07-231135-5.
- SYSTEM DYNAMICS SOCIETY. 2011. *What is System Dynamics?* [online] Albany: The System Dynamics Society [cit. 2011-2-20] Dostupné z: http://www.systemdynamics.org/what_is_system_dynamics.html
- SYSTEM DYNAMICS SOCIETY. 2012. *System Dynamics Review Articles* [online] Albany: The System Dynamics Society [cit. 2013-3-15] Dostupné z: <http://www.systemdynamics.org/SDRListOfAllTitles.htm>
- SZIF. 2012. *Výroční zpráva o činnosti státního zemědělského intervenční fondu a čerpání finančních prostředků za rok 2011*. [online], Praha: SZIF [cit. 2013-2-8], 74 s. Dostupné z: http://www.szif.cz/irj/portal/anonymous/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fdokumenty_ke_stazeni%2Fsystemova_navigace%2Fo_nas%2Fvyrocni_zprava_vy_szif%2F1345636631261.pdf
- ŠUSTA, M., BÍZIK, G. 2011. Human Stress Response from the System Dynamics Point of View. In: LYNEIS, J. M., RICHARDSON, G. P. eds. *Proceedings of the 29st*

International Conference of the System Dynamics Society, Washington, DC: The System Dynamics Society. 8 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2011/proceed/papers/P1405.pdf>

TIJMS, H. C. 2003. *A First Course in Stochastic Models*, Chichester: Wiley, 478 s. ISBN 0-471-49881-5.

TOBIN, J. 1969. A General Equilibrium Approach To Monetary Theory. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 1, no. 1, pp 15-29. ISSN 0022-2879.

TORRES, M. D. S., LECHÓN, R. F., SOTO, P. F. 2012. Interrelations Between Demography and Economy: The Decline of Fertility Rate, an Analysis With System Dynamics. In: HUSEMANN, E., LANE, D. eds. *Proceedings of the 30st International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 15 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1232.pdf>

TRIPLETT, J. E. 1996. Depreciation in Production Analysis and in Income and Wealth Accounts: Resolution of an old Debate. *Economic Inquiry*, vol. 34, no. 1, s. 93-115. ISSN 0095-2583.

TURNOVSKY S. J. 2000. *Methods of Macroeconomic Dynamics, 2nd Edition*. Cambridge, Mass: M.I.T. Press, 687 s. ISBN 0-262-20123-2.

VAN DER DUYN SCHOUTEN, F. A. VANNESTE, S. G. 1990. Analysis and computation of (n,N)-strategies for maintenance of a two-component system. *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 2, pp 260-274. ISSN 0377-2217.

VENTANA SYSTEMS. 2010. *Vensim Reference Manual* [online] Harward: Ventana Systems [cit. 2011-2-25] Dostupné z: <http://www.vensim.com/documentation.html>

VERMEULEN, P. J, DE JONGH, D. C. J. 1977. Growth in a Finite World – A Comprehensive Sensitivity Analysis. *Automatica*, vol. 13, s. 77-84. ISSN 0005-1098.

VICKERS, D. 1992. The investment function: five proposition in response to Professor Gordon. *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 14, no. 2, s. 445-464. ISSN 0160-3477.

VOJTKO, V., MILDEOVÁ, S. 2007. *Dynamika trhu: jak pochopit síly, které mění trhy, konkurenci a podnikání*. Praha: Profess Consulting, 124 s. ISBN 978-80-7259-052-0.

WAGENAAR, W. A., TIMMERS, H. 1978. Extrapolation of exponential time series is not enhanced by having more data points. *Perception & Psychophysics*, vol. 24, no. 2, s. 182-184. ISSN 0031-5117.

WANG, Q., MA, S. 1987. Some of the limits to growth of big city in China. In: WANG, Q., EBERLEIN, R. eds. *Proceedings of The 5th International Conference of the System Dynamics Society*, Shanghai: System Dynamics Society, s. 615-628. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1987/proceed/wang615.pdf>

WINITZKI, S. 2003. Uniform approximations for transcendental functions, In: KUMAR, V. GAVRILOVA, M. L. *et al.* eds. *ICCSA'03 Proceedings of the 2003 international conference on Computational science and its applications: Part I*, Berlin, New York: Springer-Verlag, s. 780–789. ISBN: 3-540-40155-5.

WINITZKI, S. 2008. *A handy approximation for error function and its inverse*. [online] Sergei Winitzki Projects [cit. 2012-8-13] Dostupné z: <https://docs.google.com/>

viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbX3aW5pdHpraXxneDoxYT UzZTEzNWQwZjZlOWY2

WOOD, T. R., SVERDRUP, U., RAGNARSDÓTTIR, K. V. SVERDRUP, H. U. 2012. Modelling the initiation, progress, symptoms, expressions and possible treatment of multiple sclerosis. In: HUSEMANN, E., LANE, D. eds. *Proceedings of the 30st International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 31 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1183.pdf>

YAMAGUCHI, K. 2000. Stock-Flow Fundamentals, Delta Time (DT) and Feedback Loop – From Dynamics to System Dynamics. *Journal of Business Administration*, vol. 1, no. 2, s. 56-76. ISSN 1345-1456.

YAMAGUCHI, K. 2006. Integration of Real and Monetary Sectors with Labor Market – SD Macroeconomic modeling (3). In: GRÖBLER, A. ROUWETTE, E. A. J. A. *et al.* eds. *Proceedings of The 24th International Conference of the System Dynamics Society*, Nijmegen: System Dynamics Society, 30 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2006/proceed/papers/YAMAG202.pdf>

YAMAGUCHI, K. 2012. On the Monetary and Financial Stability under A Public Money System - Modeling the American Monetary Act Simplified. In: HUSEMANN, E., LANE, D. eds. *Proceedings of the 30st International Conference of the System Dynamics Society*, St. Gallen: The System Dynamics Society. 29 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1065.pdf>

YAMASHITA, T. 2011. A System Dynamics Approach to the Regional Macroeconomic Model. In: LYNEIS, J. M., RICHARDSON, G. P. eds. *Proceedings of the 29st International Conference of the System Dynamics Society*, Washington, DC: The System Dynamics Society. 18 s. Dostupné také z: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2011/proceed/papers/P1216.pdf>

11 Použitý software

MARTINEZ-MOYANO, I. J., JUSKO, M. J. 2013. *SDM-doc*. [software] Verze 4.9.00. Dostupné z <http://tools.systemdynamics.org/sdm-doc/>

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. *R: A language and environment for statistical computing* [software]. [přístup 2012-2-1]. Verze 2.15.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Dostupné z www.r-project.org.

VENTANA SYSTEMS Inc. 2012. *Vensim Professional* [software]. Verze 6.0b. Harvard, MA: Ventana Systems Inc.

MICROSOFT. 2007. *Visual Basic for Applications* [software]. Verze 6.5.1053. Redmond: Microsoft corporation.

12 Elektronické přílohy

- 1) Alternativní model PIM – program vytvořený v programovacím jazyku Visual Basic for Applications. Přiložena je i šablona vstupních datových listů.

Složka: PIM_alternativa

Heslo pro vstup do VBA kódu: ferlinghetti

- 2) Model transformované PIM do softwaru Vensim a vstupní údaje. Pro spuštění je nutná verze Professional či DSS.

Složka: PIM_SD

- 3) Model dynamické investiční funkce a vstupní údaje. Pro spuštění je nutná verze Professional či DSS. V příloze je model s agregovanými i disagregovanými druhy aktiv.

Složka: Investicni funkce_v48

- 4) Elektronická dokumentace k dynamické investiční funkci

Složka: Investicni funkce_v48_doc

Soubor: Investicni funkce_v48-V.html

- 5) Elektronická dokumentace k dynamické investiční funkci při agregaci aktiv

Složka: Investicni funkce agregovana_v48_doc

Soubor: Investicni funkce agregovana_v48-V.html