

# CES

CENTRUM EKONOMICKÝCH STUDIÍ VŠEM

## **Souhrnné ukazatele poznámky k jejich určování**

---

**Karel Hrach, Jiří Mihola**

**Abstrakt:**

Ekonomický výzkum se dnes mimo jiné soustřeďuje na problém souhrnných ukazatelů, používaných např. pro srovnávání pozice různých zemí. Centrum ekonomických studií VŠEM se touto problematikou zabývá především v souvislosti s vytvořením souhrnného indexu konkurenceschopnosti České republiky v rámci EU-25. Tato práce se v první části věnuje analýze poměrně reprezentativního vzorku souhrnných ukazatelů a metod jejich tvorby především z hlediska použitých matematicko-statistických metod jejich tvorby. Ve druhé části je komentován Souhrnný inovační index 2005, který je reprezentativním příkladem souhrnného ukazatele, jehož metodologie tvoří systém kombinující různé postupy. Současně jsou zde navrženy pro srovnání některé alternativní postupy, které nejsou založeny na propočtech vážené agregace dílčích ukazatelů. Z matematického hlediska je u souhrnných ukazatelů potřeba mít na zřeteli to, co koneckonců platí u každého matematického modelu. Nikdy nemohou dokonale popsat realitu jako celek, vypovídají pouze o té její části, která byla popsána příslušnými daty, přičemž úroveň výpovědi je poplatná tomu, jakými metodami byla data zpracována. Souhrnný ukazatel je v podstatě zjednodušením reality. Vedle vysoké míry subjektivity, která se může vyskytnout při volbě použitých sub-ukazatelů či volbě způsobu jejich numerického zpracování, lze proto za nejvýraznější nevýhodu souhrnných ukazatelů označit právě nebezpečí jejich dezinterpretace. Naopak za jejich největší a podstatnou výhodu lze označit schopnost vystihnout momentálně podstatný jednotný trend mnoha různých ukazatelů. Nutnost shrnout dílčí i protichůdné závěry je velmi častá. Kvalita řešení této úlohy je závislá především na věcné znalosti dané problematiky, která při dostatečném stupni poznání vede ke kvalitnímu vymezení souhrnného i dílčích ukazatelů s dobrou věcnou interpretací i způsobů zpracování výchozí informace. Správné zpracování výchozí informace, které může využívat různé matematické prostředky, je pak validním odrazem dobré znalosti vnitřních zákonitostí daného procesu v realitě.

**Klíčová slova:** souhrnný a dílčí ukazatel (indikátor), sub-ukazatel, matematický model, agregační funkce, inklinace, kvantitativní metody, dílčí trendy, protichůdné vývoje.

**JEL Classification:** C43

**Profil autorů:**

RNDr. Karel Hrach, Ph.D. Dlouhodobě se zaměřuje na problematiku statistické analýzy a její aplikace v ekonomických a přírodních vědách. V ekonomické problematice je jeho výzkumná aktivita soustředěna především na analýzu socioekonomických dat v oblasti lidských zdrojů a sociálních problémů. V oblasti výuky se též věnuje metodám e-learningu.

Ing. Jiří Mihola, CSc. Zabývá se využíváním kvantitativních metod při ekonomických analýzách včetně zpracování dat z podnikových šetření. Zkoumá zdroje ekonomického růstu české ekonomiky, věnuje se zejména vlivu inovací (ICT), vzdělání, kvalifikace a VaV (výzkumu a vývoje) na ekonomický růst v České republice v mezinárodním srovnání.

**Recenzenti:**

Prof. RNDr. Jan Hanousek, CSc., CERGE-EI

Doc. Ing. Tomáš Čahlík, CSc. Fakulta sociálních věd, Univerzita Karlova v Praze

Ing. Jiří Vopravil, Český statistický úřad

Řada studií Working Paper CES VŠEM je vydávána s podporou grantů GAČR 402/05/2210 a MŠMT výzkumná centra 1M0524.

© Centrum ekonomických studií VŠEM

ISSN 1801-2728

## 1. Úvod

Nezbytnou součástí každé hodnotící studie je analýza rozkládající daný problém na dílčí relativně samostatné logické části, které je nutno pro potřeby celku v rámci závěrů opět syntetizovat do výsledného shrnutí. V současné době jsou vymezeny některé obecné problémy jako je udržitelnost vývoje, souhrnné efekty ekonomiky, kvalita života nebo inovační aktivita ekonomiky přičemž existují kvantifikace prostřednictvím časových řad dílčích ukazatelů. Stojíme tedy před problémem vytěžit z těchto databází informací relevantní pro souhrnné řešení problému. Proto ekonomický výzkum stále častěji využívá souhrnné ukazatele, které představují jednu z možností řešení této úlohy.

Rozsáhlá škála metod používaných při tvorbě souhrnných ukazatelů dnes zahrnuje nejen přímé agregační techniky, ale také prostředky očišťování údajů, jejich úprav, transformací a následného variantního statistického zpracování včetně kontroly citlivosti získaných výsledků a různých forem jejich prezentace. Problematika souhrnných ukazatelů se díky tomu začíná prolínat s matematickým modelováním. V obou případech jde o to problematiku účelně zjednodušit a přitom nezkruslit. Míru subjektivity je přitom nutno snižovat na minimum věcně zdůvodněnou volbou jednotlivých syntetizujících kroků, které musí korespondovat s použitými kroky analytickými.

Dobře navržený souhrnný ukazatel umí shrnout dílčí trendy i protichůdné vývoje jednotlivých dílčích složek, inklinací a faktorů. Kvalita řešení je závislá zejména na přesném vymezení úlohy, dobré definici měřených charakteristik a dostatečné znalosti podstatných vazeb dané problematiky, která se musí promítnout do navrženého algoritmu zpracování výchozí informace a konstrukce souhrnného ukazatele, jenž je pak validním odrazem zkoumané reality.

Cílem práce je zorientovat se prostřednictvím analýzy vybraných souhrnných ukazatelů ve způsobech jejich tvorby zejména z pohledu použitého prvotního zpracování výchozí informace a použitého matematického aparátu, dále tyto metody roztrždit a ukázat na vhodném příkladu, jakým způsobem se tyto postupy kombinují.<sup>1)</sup>

Studie má dvě části.<sup>2)</sup> První část se věnuje analýze poměrně reprezentativního vzorku souhrnných ukazatelů a metod jejich tvorby především z hlediska použitých matematicko-statistických metod jejich tvorby, které účelově třídí a komentuje stručně jejich podstatu a použití. Ve druhé části je popsán Souhrnný inovační index 2005, který je reprezentativním příkladem souhrnného ukazatele, jehož metodologie tvoří systém kombinující různé metody zpracování původní rozsáhlé informace. Současně je zde pro ilustraci uvedeno několik alternativních propočtů, které vedou k podobnému konečnému pořadí zemí, aniž by v procesu zpracování informace byla přímo použita vážená agregace dílčích ukazatelů. Zkoumá se násobnost informací, zkruslení multikolinearitou, reprezentativnost a informační obsažnost vybraných dílčích ukazatelů a tím inklinace k výsledku.

---

<sup>1)</sup> Děkujeme oponentům ze jejich velmi podnětné posouzení práce. Získané připomínky a především náměty vedly nejen ke zkvalitnění, ale i dopracování studie.

<sup>2)</sup> Autorem druhé části je Karel Hrach, autorem třetí části je Jiří Mihola.

## 2. Analýza souhrnných ukazatelů

V této části je shrnut obsah publikací, zabývajících se tématem souhrnných ukazatelů viz Bowen (2005); Mederly, Topercer, Nováček (2004); Saisana Tarantola (2002); Salzman (2003). Následuje vlastní metodologický komentář k matematicko-statistickým postupům bez posouzení vhodnosti konkrétních ukazatelů ze společensko-ekonomického hlediska, jejich dostupnosti či kvality dat potřebných k jejich výpočtům.

### 2.1 Volba sub-ukazatelů

Při konstrukci souhrnného ukazatele (*composite indicator*), někdy též nazývaného souhrnný index, je zapotřebí určit

- a) jaké sub-ukazatele se budou podílet na jeho výpočtu;
- b) jakým matematickým způsobem budou hodnoty sub-ukazatelů zpracovány.

Každý z obou kroků může být založen na expertním rozhodnutí, což lze označit za přístup subjektivní, nebo na matematicky podloženém rozhodnutí, což lze označit za přístup objektivní. Aby již v této fázi nedošlo ke zpochybnění finálně získaného výsledku, musí být případná subjektivní volba provedena velmi pečlivě a zodpovědně.

Prvním **technickým** problémem, s nímž je potřeba se vyrovnat při samotném výpočtu souhrnného ukazatele, bývá obvykle heterogenita sub-ukazatelů. Nejen že tyto nebývají vyjádřeny ve stejných měrných jednotkách, leckdy dokonce nemusejí být vůbec vyjádřeny číselně. Stejně jako obecně všechny statistické veličiny, také sub-ukazatele lze rozdělit na

- a) alfabetské (slovní) nominální (neuspořádané), např. dvou-kategoriální (alternativní) charakteristiku země vyspělé versus země rozvojové nebo více-kategoriální (množnou) charakteristiku zemí Evropy, zemí Severní Ameriky, zemí jihovýchodní Asie apod.;
- b) alfabetské ordinální (uspořádané), např. země s nízkou hodnotou HDP, se středně velkou hodnotou HDP, s vysokou hodnotou HDP na osobu;
- c) numerické (číselné) diskrétního typu (kategoriální, obvykle s celočíselnými hodnotami), např. pořadí dané země podle výše HDP na osobu;
- d) numerické spojitého typu (s nekategoriálními hodnotami, často neceločíselnými, obvykle při uvádění spolu s měrnými jednotkami), např. zjištěná hodnota HDP na osobu v dané zemi.

Samozřejmě, že je možné již zjištěné hodnoty sub-ukazatelů převádět směrem od typu d) k typu a) (např. známe-li pro sledované země číselné údaje hodnoty HDP na osobu, lze je automaticky převést na pouze tří-kategoriální údaje země s nízkou, středně velkou a s vysokou hodnotou HDP). Při každém takovém převodu však ztrácíme značnou část původní informace nemluvě o tom, že automatický převod v protisměru již možný není. Má-li např. jedna země 12,3 miliónu obyvatel a druhá země 11,7 (údaje typu d)), víme o nich více než kdybychom je obě charakterizovali pouze jako země **středně velké co do počtu obyvatel** (údaj typu b)). A ze samotného faktu, že obě země patří do téže kategorie, nelze již zpětně zjistit jejich skutečný počet obyvatel. Z hlediska množství informace je proto ideální ten případ, kdy jsou všechny sub-indikátory numerické spojitého typu. Ani v tomto případě však není automaticky odstraněn problém heterogenity, ne-

boť jednotlivé sub-ukazatele mohou být uvedeny v rozdílných měrných jednotkách (např. počet obyvatel dané země, tamní výše HDP na osobu či procentuální podíl nezaměstnaných atd.).

Druhým **technickým** problémem je volba způsobu, jak ze zjištěných hodnot vybraných sub-indikátorů spočítat kýžený ukazatel souhrnný. To je částečně ovlivněno samotnou volbou použitých sub-indikátorů (je-li mezi sub-ukazateli byť jediný nečíselného typu, nelze použít metodu, která by předpokládala, že všechny sub-ukazatele jsou numerické). Samotnou konstrukci mnohých souhrnných ukazatelů lze charakterizovat jako vhodně zvolenou agregaci vybraných sub-ukazatelů. A právě v této fázi vstupují do hry často subjektivní faktory, neboť není vždy snadné stanovit exaktní pravidla, zda je lepší určit výslednou hodnotu souhrnného ukazatele jako maximum z hodnot všech sub-ukazatelů, jako jejich vážený aritmetický nebo třeba geometrický průměr. Při finálním výpočtu souhrnného ukazatele bývají hodnoty jednotlivých sub-ukazatelů po případném provedení standardních statistických úprav typu normování, osekání extrémních hodnot či zlogaritmování ještě upravovány prostřednictvím vah, přičemž volba vah bývá prováděna opět více či méně exaktním způsobem.

## 2.2 Přehled typů metod pro tvorbu souhrnného ukazatele

Pokus o rozřídění metodologických přístupů při vytváření souhrnného ukazatele lze spolu s konkrétními příklady příslušných souhrnných indikátorů ukazatelů najít v publikaci Saisany a Tarantoly (2002) nebo Mederlyho, Topercera a Nováčka (2004). Jde o:

- statisticko-analytické metody
  - I. regresní (mnohonásobné) modely (*regression analysis*),
  - II. korelační analýza,
  - III. metody nepřímé ordinace - hlavní komponenty a faktorová analýza,
  - IV. Cronbachův koeficient alfa,
  - V. shluková analýza,
  - VI. analýza časových řad.
- statisticko-deskriptivní metody
  - VII. agregační techniky,
  - VIII. metoda hranice efektivnosti (*efficiency frontier*),
  - IX. kritérium vzdálenosti od cíle,
  - X. expertní rozhodnutí,
  - XI. veřejné mínění,
  - XII. analyticko-hierarchický proces.

Regresní modely, spadající do typu I., uváděné v publikaci Saisany a Tarantoly (2002) jsou pouze lineární. Nic však nebrání tomu použít, i obecnější modely nelineárního typu, např. i regresi logistickou, kterou použili autory Mederly, Topercera a Nováček (2004).

Typy I až VI lze označit za metody statisticko-analytické, sám jejich název obsahuje termín analýza. Jsou součástí všech komerčních, ale i volně dostupných statistických počítačových programů. Podstatou analytických metod je ověřování platnosti hypotéz o významnosti jednotlivých proměnných (sub-ukazatelů) a vhodnosti modelů pro jejich vzájemné vztahy. Jejich výstupem tedy není vždy přímo hodnota souhrnného ukazatele,

lze je použít např. k výběru sub-ukazatelů, které se budou podílet na následném výpočtu ukazatele souhrnného. Zájemcům o proniknutí do základů statistických analytických metod lze doporučit na internetu dostupné učebnice, literatura je však samozřejmě mnohem obsáhlejší a pokrývá spektrum od ryze matematických viz Anděl (1978) po aplikační, ekonomicky zaměřené publikace.

Typy VII až XII jsou spíše metodami statisticko-deskriptivními. Liší se vzájemně přístupem k volbě vah, pomocí nichž je z předem stanovených sub-ukazatelů stanovena hodnota ukazatele souhrnného. Přesněji řečeno, souhrnný indikátor je vždy vypočten nějakým agregačním způsobem (metoda VII) a ostatní metody (VIII-XII) jsou pouze různými způsoby určování vah pro jednotlivé sub-ukazatele při jejich agregaci. Přitom vahami jsou v publikaci Saisany a Tarantoly (2002) někdy míněny i přímo hodnoty těchto sub-ukazatelů (což ve statistické terminologii nemají být weights, nýbrž values), a to tehdy, kdy dochází ke kvantifikaci původně alfabetských sub-ukazatelů. Byť to není terminologicky zcela přesné, budu toto označování používat i v této studii.

### Metoda I: Regresní modely

V regresním modelu obecně je cílem nalézt funkční závislost vybrané závisle proměnné ( $Y$ ) na jiných proměnných, tzv. regresorech nebo prediktorech. Tato závislost bývá nejčastěji lineární, ale je možno konstruovat i modely nelineární. Jde-li o závislost na jediném regresoru ( $X$ ), hovoříme o regresi jednoduché (*simple regression*). V obecnějším případě závislosti na více regresorech ( $X_1, \dots, X_k$ ) jde o regresi mnohonásobnou (*multiple regression*). V takovém případě je běžné použití technik krokové regrese (*stepwise regression*), a to buď typu vpřed (*forward*) nebo vzad (*backward*), jejímž cílem je vybrat ze skupiny kandidátů na regresory jen ty statisticky významné.

Ve speciálním případě, kdy je závisle proměnná  $Y$  dvou-kategoriální (alternativního typu), používáme tzv. logistickou regresi. Zde není modelována závislost pro  $Y$ , ale pro tzv. logit. Podrobnosti o regresních modelech lze najít ve značném množství matematické, ekonomické a další odborné literatury. Pro nematematiky je jako úvod do problematiky vhodná např. publikace Bencka a kol. (2003), konkrétně její sedmá kapitola.

Podle Saisany a Tarantoly (2002) je příkladem praktické aplikace regresního modelování **National Innovation Capacity** indikátor. Modelována zde byla závislost počtu mezinárodních patentů na jednoho obyvatele ( $Y$ ) na osmi numerických sub-ukazatelích spojitého typu, např. na počtu osob zaměstnaných v sektoru R&D (*research and development*), na podílu HDP, jenž byl vynaložen na sekundární a terciární stupeň vzdělání, či na procentuálním podílu financování výzkumu a vývoje soukromým průmyslem atd. Pomocí regresního modelu byla oceněna významnost všech osmi jednotlivých sub-ukazatelů, čímž jim byla přiřazena velikost vah pro výpočet výsledného souhrnného ukazatele.

Použití tohoto přístupu je v praxi limitováno tím, že musí být k dispozici údaje o takové veličině  $Y$ , kterou lze logicky považovat za jednoznačnou míru dané problematiky (v případě národní inovační kapacity to byl počet patentů přepočtený na jednoho obyvatele). Samo  $Y$  však není výsledným souhrnným indikátorem, ani žádným ze sub-ukazatelů.

## Metoda II: Korelační analýza

Cílem korelační analýzy obecně je změřit sílu vzájemné závislosti dvou či více proměnných. Na rozdíl od regresního přístupu však není nutno disponovat závislou proměnnou ( $Y$ ), pracujeme pouze se sub-ukazateli. Hodnota korelačního koeficientu, kterou lze spočítat pro libovolnou dvojici sub-ukazatelů, leží vždy v rozmezí  $-1$  až  $+1$  a vypovídá mimo jiné především o síle lineárního vztahu mezi oněmi sub-ukazateli.

V práci Saisany a Tarantoly (2002) je korelační analýza při vytváření souhrnného ukazatele aplikována formou tzv. metody neutralizace korelačního efektu. Pro každou dvojici sub-ukazatelů je vypočtena hodnota korelačního koeficientu. Ze dvojice nejvíce korelovaných sub-ukazatelů (označme je  $W$  a  $Z$ , jim příslušnou hodnotu korelačního koeficientu označme  $r$ ) je podle vzorce

$$[2 \cdot (1+r)]^{-1/2} (W+Z)$$

vypočten nový umělý sub-indikátor, kterým je nahrazena původní dvojice sub-ukazatelů  $W$  a  $Z$ . Tato procedura se opakuje tolikrát, dokud nedojde k redukci původního počtu sub-ukazatelů na jedinou hodnotu, kterou lze prohlásit za kýžený souhrnný indikátor.

Konkrétní uvedenou ilustrací ve výše uvedené práci je výpočet souhrnného ukazatele **Relative Intensity of Regional Problems of the Community**. Tři uvažované sub-ukazatele (HDP přepočtený na jednoho zaměstnance, HDP přepočtený na jednoho obyvatele a míra nezaměstnanosti) byly nejprve běžným způsobem znormovány. K výpočtu souhrnného ukazatele byly poté zapotřebí pouze dva kroky. V prvním kroku byly nejvíce korelovány první a druhý uvedený sub-indikátor, oba byly nahrazeny sub-indikátorem novým, vypočteným podle výše uvedeného vzorce. Druhý krok (opětovná aplikace téhož vzorce na nově vytvořený a na původně třetí sub-indikátor) pak již vedl k výpočtu výsledné hodnoty ukazatele souhrnného.

V citované literatuře nebylo v souvislosti se souhrnnými ukazateli podrobněji pojednáno o případném vlivu takzvané multikolinearity, tedy problému, kdy vynecháním jedné proměnné z modelu může dojít až k inverzní změně závislostí u proměnných ostatních. Je tedy otázkou, zda a nakolik by případný výskyt tohoto jevu mohl zkreslit výsledné hodnoty souhrnného ukazatele.

Při použití regresní a korelační analýzy je nutno vždy prověřovat splnění předpokladů použití této metody. Výsledky např. nebudou dostatečně věrohodné pokud budou výchozí data zatížena významnou heterogedasticitou nebo multikolinearitou.

## Metoda III: Hlavní komponenty a faktorová analýza

Obě metody jsou důkladně teoreticky objasněny v práci Anděla (1978). Metoda hlavních komponent (*PCA – principal component analysis*) pracuje z matematického hlediska s varianční maticí a jejími charakteristickými tzv. vlastními čísly, resp. ortonormálními charakteristickými vektory. Pomocí nich je určována taková lineární kombinace původního vektoru proměnných, která vysvětluje maximální část celkové variability dat. Opakování vede k postupnému konstruování nových, umělých veličin, tzv. hlavních komponent původního vektoru proměnných. Celková variabilita všech těchto nových proměnných je stejná jako u veličin původních. Často se však stane, že převážnou část

celkové variability vysvětluje jen několik prvních hlavních komponent. Těmi lze tedy bez velké ztráty celkové informace nahradit vektor všech původních proměnných, čímž se podaří (leckdy citelně) zredukovat původní dimenzi dat. Problémem může být interpretace takto uměle vytvořených proměnných.

Podstatu faktorové analýzy (*factor analysis*) lze ilustrovat konkrétním aplikačním příkladem z knihy Anděla (1978). Sledujeme prospěch žáků v devíti předmětech. Bylo rozhodnuto pokusit se vysvětlit výsledky žáků pomocí dvojice faktorů, které by měly odpovídat obecným, ale samo o sobě složitě měřitelným schopnostem jako paměť, talent apod. Matematickým postupem (částečně podobným postupu PCA) určíme hodnoty obou faktorů, které mohou odpovídat vahám původních devíti proměnných. Záleží na tom, zda dáme přednost faktoru prvnímu, druhému nebo nějaké jejich kombinaci. (V citovaném příkladu byl prvním faktorem tzv. faktor obecného nadání a druhým faktorem byl tzv. bipolární faktor – ten svými hodnotami dokázal rozlišit předměty humanitní od přírodovědných.)

V souvislosti s problematikou souhrnných ukazatelů lze podle Saisany a Tarantoly (2002) využít metodologii analýzy hlavních komponent a faktorovou analýzu k následujícím účelům:

- identifikovat dimenzi (počet proměnných), viz souhrnný indikátor udržitelnosti životního prostředí **Environmental Sustainability Index**;
- shlukovat sub-ukazatele, viz souhrnný indikátor **General Indicator of Science and Technology**;
- přiřadit váhy jednotlivým sub-ukazatelům, viz souhrnný indikátor **Internal Market Index**.

**Environmental Sustainability Index** přiřazuje jednotlivým zemím skóre, přičemž vyšší hodnota znamená lepší úroveň udržitelnosti životního prostředí. K výpočtu je využito hodnot celkem 67 proměnných, pomocí nichž je (po nutných technických úpravách) vytvořena množina 22 sub-ukazatelů. Souhrnný ukazatel je určen jako jejich průměr (po znormování).

**General Indicator of Science and Technology** pro sledované země v daném období je založen na pěti vstupních (např. počet vědců-inženýrů v oblasti R&D) a osmi výstupních (např. počet domácích patentů či odborných citací) sub-indikátorech. Pomocí faktorové analýzy byla analyzována struktura obou množin sub-ukazatelů. Hlavní metodou je zde využití PCA, podle níž byl souhrnný indikátor konstruován jak pomocí první hlavní komponenty množiny všech 13 sub-ukazatelů, tak pomocí prvních hlavních komponent určených zvlášť pro množinu vstupních a zvlášť pro množinu výstupních sub-ukazatelů.

V případě souhrnného ukazatele **Internal Market Index** byla PCA použita k určení vah pro jednotlivých 19 sub-ukazatelů (např. nárůst příjmů přepočtených na obyvatele, úroveň dlouhodobé nezaměstnanosti atd.).

Obě metody mohou být velmi užitečné především při snaze matematizovat způsob přiřazování vah jednotlivým sub-ukazatelům. Hodnoty vah jsou přitom určeny na základě samotných dat, jejich korelovaností. V některých případech to může být problém, protože ne vždy je mezi proměnnými korelovanost totéž co kauzalita. Váhy přiřazené pou-



ze na základě statistické analýzy by pak v takovém případě nemusely reflektovat skutečné vztahy mezi sub-ukazateli.

#### Metoda IV: Cronbachovo alfa

Cronbachovo alfa ( $\alpha$ ), jakožto součást metodologie analýzy položek (*item analysis*), je také nazýváno koeficient spolehlivosti (*reliability*) či koeficient konzistence (*consistency*). Při jeho výpočtu pro  $k$  sub-ukazatelů je zapotřebí určit nejprve výběrový rozptyl  $s_i^2$  každého sub-ukazatele ( $X_i$ ,  $i=1\dots k$ ) a následně výběrový rozptyl  $s_X^2$  jejich součtu  $X=X_1+\dots+X_k$ . Potom

$$\alpha = [k/(k-1)] \cdot [1-(s_1^2+\dots+s_k^2)/s_X^2]$$

Cronbachovo alfa nabývá hodnot 0 až 1. Krajní hodnota 0 znamená, že jednotlivé sub-ukazatele jsou vzájemně absolutně nekorelované, naopak opačná krajní hodnota 1 znamená, že jednotlivé sub-ukazatele jsou vzájemně absolutně korelované. V praxi již obvykle hodnoty  $\alpha$  kolem 0,8 (či samozřejmě vyšší) naznačují, že všechny sub-ukazatele vykazují vysoký stupeň shody v tom smyslu, že jsou analogickými mírami téhož společného jevu.

Cronbachovo alfa je tedy jakousi analogií korelačního koeficientu. V zásadě lze rozdíly mezi nimi shrnout tak, že korelační koeficient používáme pro měření závislosti mezi numerickými veličinami spojitého typu, zatímco Cronbachovo alfa lze aplikovat i u veličin alfabetických ordinálního typu, které vyjádříme pomocí subjektivní číselné škály (známky od 1 do 5 apod.).

Příkladem použití Cronbachova koeficientu alfa v kombinaci s PCA je podle Saisany a Tarantoly (2002) souhrnný indikátor **Success of Software Process Improvement**. Pomocí něj byla analyzována množina 14 sub-ukazatelů, které mají vliv na vylepšování softwarového procesu. Šlo o subjektivně škálované míry. Podrobněji řečeno, všech 14 sub-ukazatelů bylo pomocí PCA převedeno do pouze pěti-rozměrného tvaru, přičemž pro každou z pěti vytvořených hlavních komponent bylo pro kontrolu vypočteno Cronbachovo alfa. Výsledný souhrnný indikátor byl vypočten jako součet oněch pěti hlavních komponent.

Uvedený příklad použití Cronbachova koeficientu, tedy v kombinaci s PCA, je typickou ukázkou jeho použití obecně při konstrukci souhrnných ukazatelů. Alternativní možností by byla kombinace s faktorovou analýzou.

#### Metoda V: Shluková analýza

Podstatou shlukové analýzy (*cluster analysis*) je na základě znalosti hodnot několika proměnných (sub-ukazatelů) detekovat mezi všemi pozorovanými subjekty samostatné podskupiny či tzv. třídy. Ilustračním příkladem z neekonomické oblasti mohou být proměnné tělesná výška a tělesná hmotnost. Tuto dvourozměrnou situaci lze snadno graficky znázornit formou bodového grafu. Z něj by mělo být patrné shlukování dat do dvou podskupin, což má logické vysvětlení: jedna podskupina by měla odpovídat datům získaným od mužů, druhá datům získaným od žen.

Shluková analýza se vzhledem k náročnosti výpočtů provádí prakticky výlučně pomocí statistického softwaru. Je možno předem zadat požadovaný počet podskupin, nalezení

ideálního počtu podskupin ale také může být samo o sobě výstupem analýzy. Při výpočtu jsou všechna pozorování matematickými postupy zařazována do jednotlivých podskupin, přičemž kritériem zařazení je vzdálenost od centra každého vytvořeného shluku.

Zmínku o použití této metody při konstrukci souhrnných ukazatelů, avšak bez konkrétní ukázky, uvádějí Mederla, Topercel, Nováček (2004). Vzhledem k podstatě shlukové analýzy by její role mohla tkvít především v kontrole, zda klasifikace subjektů (zemí) podle výsledné hodnoty souhrnného ukazatele, zjištěného nějakou jinou metodou, odpovídá klasifikaci do podskupin definovaných shlukovou analýzou na základě původních proměnných (sub-ukazatelů).

#### Metoda VI: Analýza časových řad

Metody analýzy časových řad se mohou uplatnit při případné úpravě zdrojových dat, tedy hodnot jednotlivých sub-ukazatelů, pokud jsou tyto zjišťovány pro daný územní celek opakovaně v delším časovém úseku. Ve výše uvedené publikaci je zmiňována aplikace techniky určování trendu, konkrétně trendu exponenciálního, který patří k běžně používaným v souvislosti s ekonomickými časovými řadami.

Těžiště použití těchto metod však zřejmě tkví nikoli v samotné konstrukci souhrnného ukazatele, ale až následně v analýze chování jeho hodnot, je-li souhrnný indikátor vypočten pro dané územní celky opakovaně v delším časovém úseku. To však již přesahuje rámec této studie.

#### Metoda VII: Agregáčnı́ techniky

V publikaci Saisany a Tarantoly (2002) je uvedeno šest základnı́ch typů metod, které lze označit jako metody agregace dat a které mohou posloužit k určení souhrnného ukazatele. V praxi lze tyto metody ještě různě rozvíjet, kombinovat navzájem či s použitím různı́ch systémů vah.

Metoda 1 spočívá v tom, že každému subjektu (státu) je přiřazeno pořadí podle daného sub-ukazatele a hodnotou souhrnného ukazatele je součet všech pořadí, přes všechny sub-ukazatele. Za nevýhodu tohoto přístupu lze označit naprostou ztrátu informace o skutečných původnı́ch hodnotách jednotlivých sub-ukazatelů. Z jiného úhlu pohledu však právě toto může být považováno za výhodu, neboť je tak potlačen případnı́ nežádoucí vliv tzv. odlehlého pozorování (*outlier*), tedy čı́selnı́ch hodnot, které se mimořádně odchyľují od hodnot typickı́ch pro danou veličinu, a mohou tak např. zkreslit hodnotu průměrnou. Tato metoda byla použita např. při určování souhrnného ukazatele mapujıcı́ho úroveň informačnı́ch a komunikačnı́ch technologiı́.

U metody 2 je u každého sub-ukazatele stanovena prahová hodnota (*threshold level*). Nemusı́ přitom jít o hodnotu průměrnou. Pokud pro danı́ subjekt (stát) leží skutečná hodnota sub-ukazatele nad (pod) zvolenou prahovou hodnotou, je tento sub-indikátor nahrazen hodnotou +1 (-1). Hodnotou souhrnného ukazatele pro danı́ subjekt (stát) je potom součet všech takto přiřazenı́ch hodnot (+1 nebo -1), přes všechny sub-ukazatele. I při tomto přístupu dochází ke ztrátě informace o skutečných původnı́ch hodnotách jednotlivých sub-ukazatelů. Navíc výsledná hodnota souhrnného ukazatele závisı́ na volbě prahovı́ch hodnot u jednotlivých sub-ukazatelů. Tato metoda byla např. použita

při konstrukci souhrnného ukazatele **Summary Innovation Index**. Zde byly pro každý sub-indikátor definovány dokonce dvě prahové hodnoty: horní  $h$  (20 % nad hodnotou průměrnou) a dolní  $d$  (20 % pod hodnotou průměrnou). Hodnota sub-ukazatele pak byla definována jako +1, pokud pro jeho skutečnou hodnotu  $x$  platilo  $x > h$ . Pokud platilo  $x < d$ , byla danému sub-ukazateli přiřazena hodnota -1. V ostatních případech ( $d \leq x \leq h$ ) byla danému sub-ukazateli přiřazena hodnota 0, která pak v součtu nijak neovlivnila celkovou hodnotu ukazatele souhrnného.

Metoda 3 určuje jako novou hodnotu každého sub-ukazatele podíl jeho hodnoty skutečné k hodnotě průměrné. (Možnost vypočítat u každého sub-ukazatele průměr je tedy limitujícím faktorem toho, aby bylo možno tuto metodu aplikovat. Jinak řečeno, všechny sub-ukazatele musí být číselnými veličinami.) Souhrnným ukazatelem je potom pro každý subjekt (stát) aritmetický průměr takto určených nových hodnot jednotlivých sub-ukazatelů. Při aplikaci této metody je zapotřebí mít na paměti nebezpečí, jež může představovat případný výskyt odlehlého pozorování. Jeho vliv totiž může u některého ze sub-ukazatelů výrazně zkreslit hodnotu průměrnou a v důsledku toho i výslednou hodnotu ukazatele souhrnného.

I při aplikaci metod 4, 5 a 6 je souhrnný indikátor určován jako aritmetický průměr z nových hodnot přiřazených jednotlivým sub-ukazatelům, rozdíly tkví pouze v tom, podle jakého principu jsou tyto nové hodnoty jednotlivým sub-ukazatelům přiřazovány. Každopádně jsou tyto metody opět použitelné pouze u číselných sub-ukazatelů.

V metodě 4 jsou jako hodnoty jednotlivých sub-ukazatelů použity (je-li možno je vypočítat) hodnoty podle principu výpočtu relativního přírůstku v časové řadě: od aktuální hodnoty je odečtena hodnota předešlá (loňská) a zjištěný rozdíl je vydělen předešlou (loňskou) hodnotou. Limitující podmínkou pro aplikaci tohoto přístupu je to, aby byly k dispozici nejen aktuální, ale i předešlé záznamy o sledovaných sub-indikátorech, které všechny musí být číselného typu. Tento přístup byl použit (v kombinaci s metodou PCA) při výpočtu souhrnného ukazatele **Internal Market Index**.

V metodě 5 jsou jako hodnoty jednotlivých sub-ukazatelů použity hodnoty tzv. standardizovaných skóre vypočtených podle vztahu  $(x-X)/s$ , kde  $x$  je původní hodnota daného sub-ukazatele a  $X$ , resp.  $s$  je pro tento sub-indikátor jeho průměr, resp. směrodatná odchylka. Tento přístup se nazývá také normování a byl aplikován např. u již zmíněného souhrnného ukazatele **Environmental Sustainability Index**.

V metodě 6 jsou jako hodnoty jednotlivých sub-ukazatelů použity hodnoty taktéž standardizovaných skóre vypočtených podle vztahu  $(x-X)/s$ , kde však  $X$  značí minimální hodnotu daného sub-ukazatele a  $s$  je jeho rozpětí (*range*), tedy rozdíl mezi hodnotou maximální a minimální ( $x$  je opět původní hodnota daného sub-ukazatele). Tento přístup uvádí Salzman (2003) jako příklad techniky lineárního přeškálování. Jeho aplikací může být oproti metodě 5 o něco lépe ošetřen případný výskyt odlehlého pozorování. Z matematického hlediska je však při tomto přístupu složitější odvodit asymptotické vlastnosti standardizovaných skóre a tak např. dokazovat platnost hypotéz o jejich chování.

#### Metoda VIII: Hranice efektivnosti

Metoda hranice efektivnosti (*efficiency frontier*) spočívá v matematické konstrukci konvexního obalu dat a měření jejich vzdálenosti od této hranice. Musí jít každopádně o

proměnné (sub-ukazatele) numerické. Pro dvourozměrný případ (s proměnnými míra zaměstnanosti a míra nezaměstnanosti) je tento postup graficky ilustrován v práci Saisany a Tarantola (2002). Zjištěné vzdálenosti od hranice slouží k výpočtu souhrnného ukazatele. Za výhodu této metody lze označit fakt, že při výpočtu souhrnného ukazatele nejsou používány subjektivně stanovené váhy, nýbrž data **sama rozhodnou o schématu vah**. Konkrétní aplikace však v citované literatuře zmíněna není.

#### Metoda IX: Vzdálenost od cíle

Podstatou této metody je přiřazení vah podle vzdálenosti od cíle (distance to target). Čím blíže je vytýčený cíl, tím menší je odpovídající váha. Oním cílem mohou být např. cíle politické. Nutným předpokladem je ovšem to, aby byla daná politika jasně definována, např. formou nějakého základního dokumentu. Ten bývá k dispozici na národních úrovních, např. určování souhrnného indexu **Environmental Policy Performance Indicator (EPPI)**. Pro mezinárodní srovnávání lze jako cíl použít dosažení úrovně nejlepší ze srovnávaných zemí např. souhrnný indikátor **Human Development Index (HDI)**.

Úkolem EPPI bylo monitorovat v Nizozemsku vývoj tlaku na politické aktivity v oblasti životního prostředí. Pomocí několika jednoduchých proměnných bylo určeno šest sub-ukazatelů, zachycujících klimatické změny, okyselování, eutrofikaci, šíření toxických látek, nakládání s tuhými odpady a hlučnost (ta spolu s obtěžováním zápachem). Váhy jednotlivých sub-ukazatelů byly určovány dvěma metodami, jednou z nich byla úroveň udržitelnosti, druhou právě vzdálenost od stanovených politických cílů. Výsledný souhrnný ukazatel byl vypočten jako součet všech šesti stanovených vah.

HDI byl konstruován jako aritmetický průměr hodnot tří sub-ukazatelů (očekávaná délka života, úroveň gramotnosti a HDP na osobu), ovšem převedených na stupnici 0 až 1, přičemž 0 odpovídala vždy minimální a 1 vždy maximální hodnotě sledovaného sub-ukazatele.

#### Metoda X: Expertní rozhodnutí

Podstata této metody je zřejmá – sub-ukazatelům jsou přiřazeny váhy dle subjektivního názoru vybraných odborníků. Jednou z možných metod je tzv. rozdělování rozpočtu (*budget allocation*). Každý z oslovených expertů má k dispozici  $N$  bodů, které dle svého uvážení rozdělí jednotlivým sub-ukazatelům podle jejich důležitosti. Tato metodika byla, jak uvádí Saisana a Tarantola (2002) použita v roce 1991 u 400 německých expertů, jejichž úkolem bylo přidělit váhy jednotlivým sub-ukazatelům v oblasti znečištění ovzduší. Pozitivním zjištěním byla značná shoda ve výsledcích, i když oslovení experti pocházeli ze zcela odlišných odvětví (průmyslová výroba versus ochrana životního prostředí).

Použití této metody je omezeno tím, že jde o metodu subjektivní. Lze ji tedy aplikovat pouze při menším množství sub-ukazatelů (obvykle ne více než deseti), neboť při jejich větším počtu značně klesá rozlišovací schopnost osloveného. Problémem je také sama nutnost oslovit dostatečný počet fundovaných a nestranných, lokálními zájmy nezatížených expertů.

Metoda XI: Veřejné mínění

Alternativou k expertnímu rozhodování může být **hlas lidu**, tedy veřejné mínění. Za výhody takto určených vah lze označit jejich reprezentativnost a relativně snadnou dostupnost. Místo metody rozdělování rozpočtu je zde jednodušší otázat se oslovených na míru jejich zájmu o daný jev (sub-ukazatel), a to v co nejjednodušší škále (např. pouze alternativním způsobem rozlišovat malý versus velký zájem).

Konkrétním příkladem použití tohoto přístupu je souhrnný ukazatel zájmu o problémy životního prostředí **Concern about Environmental Problems**. Jeho 11 komponent zahrnovalo popis problematiky znečištění ovzduší (hodnoty čtyř ukazatelů) a vody (dva ukazatele) a popis chování populace (pět ukazatelů). Jako hodnoty těchto ukazatelů  $h_i$ ,  $i=1\dots 11$  byly použity bazické indexy, přičemž bází byla hodnota daného ukazatele v prvním sledovaném období. Váhy byly jednotlivým ukazatelům přiřazeny na základě průzkumu, v němž respondenti hodnotili jejich významnost pomocí třístupňové škály. Označme jako  $p_{1i}$  podíl respondentů, kteří označili daný  $i$ -tý ukazatel za málo významný,  $p_{2i}$  podíl těch, pro něž byl daný ukazatel středně důležitý a  $p_{3i}$  podíl těch, pro něž byl velmi významný. Míra zájmu o daný ukazatel byla určena podle vzorce

$$w_i = p_{1i} + 2p_{2i} + 3p_{3i}$$

Jako váhy  $v_i$ ,  $i=1\dots 11$ , jednotlivých ukazatelů byly použity hodnoty  $w_i$  znormovány tak, aby jejich součet činil 1. Souhrnný ukazatel byl vypočten podle vztahu

$$h_1v_1 + h_2v_2 + \dots + h_{11}v_{11}$$

Použití veřejného mínění patří podle Saisany a Tarantoly (2002) k tradičním metodám a je poměrně časté. To, že použití tohoto přístupu u stejné problematiky v různých zemích již několikrát vedlo k získání analogických vah naznačuje, že výsledky veřejného mínění mohou být skutečně považovány za racionální podklad při určování vah.

Metoda XII: Analyticko-hierarchický proces

Jde o univerzální techniku používanou při více-atributovém rozhodování. Na základě párového porovnávání jsou hierarchicky seřizovány jak kvalitativní, tak kvantitativní veličiny (zde sub-ukazatele). Podstatou je, že pro každou dvojici veličin je nutno stanovit, která z nich je důležitější a ohodnotit to, kolikrát je důležitější. Stupeň oné důležitosti se vyjadřuje pomocí stupnice 1 (stejná důležitost obou veličin) až 9 (maximální možný rozdíl v důležitosti). Při srovnávání  $k$  veličin tak dostáváme  $k^2$  porovnávání, jejichž výsledky lze zapsat do čtvercové matice  $[a_{ij}]$ ,  $i, j=1, \dots, k$ , s následujícími vlastnostmi:

- (1)  $a_{ii}=1$
- (2)  $a_{ji}=1/a_{ij}$

Vlastnost (1) znamená, že porovnání každé  $i$ -té veličiny sama se sebou musí mít nutně hodnotu 1. Vlastnost (2) je jakási analogie vlastnosti anti-symetrických matic: Jestliže při porovnání dvojice veličin je  $i$ -tá důležitější než  $j$ -tá a rozdíl v důležitosti je ohodnocen hodnotou  $a_{ij}$ , pak při opačném porovnání v téže dvojici musí být důležitost vyjádřena převrácenou hodnotou. Relativní váhy jednotlivých veličin se pak stanovují jako vlastní čísla srovnávací matice  $[a_{ij}]$ .

Je nutno zdůraznit, že ve skutečnosti se neprovádí všech  $k^2$  porovnávání, ale že díky vlastnostem (1) a (2) stačí provést pouze  $k(k-1)/2$  porovnávání. Snadno je tak eliminováno nebezpečí případné nekonzistence způsobené subjektivností při porovnávání, např. to, kdyby dotyčný označil důležitost veličiny A oproti B jako dvojnásobnou, důležitost B oproti C jako trojnásobnou, ale důležitost A oproti C jenom jako čtyřnásobnou (měla by být šestnásobná).

Tento přístup k určování vah lze doporučit v případě velmi různorodých sub-ukazatelů. Aplikován byl např. při určování souhrnného ukazatele **Index of Environmental Friendliness**.

### 2.3 Úpravy hodnot číselných sub-ukazatelů

V předešlém textu byla několikrát zmiňována možnost úpravy hodnot sledovaných číselných sub-ukazatelů před samotným výpočtem ukazatele souhrnného. Řečeno statistickou terminologií, jde o problematiku transformace veličin. Přehled těchto transformací používaných nejčastěji v souvislosti s ekonomicko-sociální problematikou uvádí Salzman (2003) a zde prezentuje jejich stručné shrnutí. V podstatě lze podle autora rozlišit dva typy transformace: transformaci funkcionální formou (pomocí matematických analytických funkcí) a přeškálování (*scaling, re-scaling*).

Funkcionálními formami jsou buď jednodušší formy lineární nebo o něco složitější, avšak neméně často využívané formy nelineární. Jedno kritérium, podle něž volíme konkrétní typ transformace, je následující. Pokud je jednotková změna daného sub-ukazatele stejně významná bez ohledu na úroveň (např. rozdíl 50 a 51 Kč má stejnou důležitost jako rozdíl 500 a 501 Kč), volíme transformaci lineární. Pokud je cílem zdůraznit změny na nižších úrovních, je nutno použít k transformaci funkcionální formu typu konkávního (*concave down*), nejčastěji se používá logaritmus či odmocnina. Pokud naopak hodláme zdůraznit změny na vyšších úrovních, je nutno použít k transformaci funkcionální formu typu konvexního (*concave up*), nejčastěji se používá funkce exponenciální nebo mocninná. Např. při výpočtu HDI (**Human Development Index**) je využito logaritmování sub-ukazatele HDP na osobu. Výhodné je, když použití některé z těchto transformací vede k tomu, že upravený sub-indikátor vykazuje vlastnosti normálně rozdělené (Gaussovy) veličiny.

Účelem přeškálování je sjednotit úroveň či rozpětí jednotlivých různorodých číselných sub-ukazatelů tak, aby vliv některého z nich nebyl nadhodnocen na úkor jiného, např. jen proto, že je vyjádřen v jiných měrných jednotkách. Při přeškálování by však rozhodně nemělo dojít k obrácení sklonu. Nárůstu hodnot původního sub-ukazatele musí odpovídat nárůst (byť jinak velký) i po přeškálování. První, často používanou, možností přeškálování je vypočítat z hodnot sub-ukazatele sledovaného v čase odpovídající hodnoty bazických či řetězových indexů nebo třeba (jak již bylo zmíněno v souvislosti s agregačními technikami) hodnoty relativních přírůstků tzn. Přejít ze statické do dynamické úlohy. Další možností je standardizace, ať již formou tzv. normování (např. přepočet údajů na střední hodnotu 0 a směrodatnou odchylku 1) nebo techniky lineárního přeškálování (obojí již bylo zmíněno v souvislosti s agregačními technikami). Poslední možností podle Salzmana (2003) je ordinalizace, čímž je míněn převod numerické veličiny na veličinu alfabetskou ordinální, nejčastěji s pěti či s deseti kategoriemi, které jsou pak víceméně formálně označeny hodnotami 1-5, resp. 1-10.

### 3. Souhrnný inovační index

Vedle algoritmů, které vycházejí z definice souhrnného ukazatele definovaného jednoduše jako vážená agregace určitého množství dílčích ukazatelů představujících obvykle nějaké dílčí faktory problému, vznikají rovněž komplexní postupy, kombinující různé nástroje třídění, posuzování, očišťování, normování, vážení, prověřování, testování apod. Příkladem takového souhrnného ukazatele (indexu), používaného pro hodnocení inovační výkonnosti zemí EU, je Souhrnný inovační index 2005. Metodologie tvorby tohoto indexu se každoročně aktualizuje a postupně zdokonaluje. Následující stručné přiblížení tohoto komplexního postupu kombinujícího různé metody zpracování výchozí informace vychází z metodologie pro rok 2005 publikované v práci Sajeve et. al. (2005).

#### 3.1 Popis metody

Souhrnný inovační index má podrobně propracovanou a každoročně aktualizovanou metodiku viz Nardo et. al. (2005) pozůstávající z mnoha hlavních a vedlejších kroků, kombinujících standardní statistické metody s váženou agregací dílčích ukazatelů a dále s robustní analýzou i s expertními odhady.

Účelem tvorby tohoto ukazatele je získat relativně snadno interpretovatelný prostředek pro vyhodnocení jednotného trendu (inklinace) mnoha dílčích separátních ukazatelů v oblasti inovační činnosti a tak získat objektivizované pořadí vyhodnocovaných zemí. Autoři usilují o jasnou a transparentní metodologii, která nebude vzbuzovat pochybnosti.

**Tabulka 1: Postup výpočtu SII podle kapitol a kroků**

	kapitola		krok
1	Vymezení pojmového rámce	1	Vymezení hlavního (širokého) souboru dílčích ukazatelů.
		2	Rozdělení 52 výchozích ukazatelů do 5 bloků
2	Selekce ukazatelů	3	Statistická analýza uvnitř každého z 5 bloků ukazatelů a mezi nimi.
		4	Intermediální (průběžný) seznam ukazatelů
		5	Konečný výběr ukazatelů
3	Předzpracování dat	6	Doplnění chybějících hodnot
		7	Vymezení normalizačních technik
		8	Vymezení schématu statistického vážení
4	Testování získaného pořadí z hlediska stability s využitím metody Monte Carlo	9	Ohodnocení inovačního indexu a robustní analýza
		10	Analýza trendů (1)
5	Odvození souhrnného ukazatele	11	Odvození inovačního indexu
		12	Analýza trendů (2)

Pramen: Sajeve et al. (2005) s.6

Postup stanovení pořadí zkoumaných zemí v němž se využívá souhrnný ukazatel má celkem 12 kroků, které jsou rozloženy do 5 kapitol. Základní postup tvorby souhrnného inovačního indexu ukazuje tabulka 1. S výjimkou bloku 2 a 3, které mají 3 kroky, má každá kapitola 2 kroky.

Podrobnější popis inovační aktivity představují kroky 1 a 2. V rámci kroku 2 je vytvořen výchozí soubor 52 ukazatelů rozdělených do 5 bloků z nichž každý zachycuje jinou fázi nebo také pohled na inovační aktivity. První tři bloky představují vstupy a jsou to hnací motory inovací, tvorba znalostí, inovace a podnikání. Další dva bloky zahrnují výstupy, kterými jsou aplikace a duševní vlastnictví. V prvním bloku jsou soustředěny především dílčí ukazatele z oblasti vzdělávání, kvality pracovníků a odborného personálu, mobility pracovní síly a jejich možností, jako je např. přístup k určitým technologiím včetně internetu. Druhý blok obsahuje ukazatele zachycující výdaje, především na výzkum a vývoj včetně high-tech. Třetí blok se zabývá intenzitou inovační činnosti, čtvrtý blok výsledky prodeje, exportu a dalších aplikací nových výrobků a v posledním bloku jsou ukazatele zachycující práci s patenty, ochrannými známkami a průmyslovými vzory.

Ve 3. kroku je s pomocí metodiky analýzy hlavních komponent (viz 2. kapitola Metoda III) stanoveno, které ukazatele přináší duplicitní informaci, kolika komponentami lze vyjádřit informaci každého z 5 bloků dílčích ukazatelů a jaké ukazatele se podílejí na jednotlivých komponentách především. Obdobným způsobem jsou posouzeny jednotlivé skupiny dílčích ukazatelů. Výsledkem této analýzy je ve 4. kroku zúžení souboru na 27 dílčích ukazatelů přinášejících nejpodstatnější informaci. V 5. kroku je seznam 26 ukazatelů, který bude tvořit východisko pro konečnou konstrukci SII 2005.

Smyslem 6. kroku je dopočítat některé chybějící údaje pomocí silných lineárních korelací pro ty země, za něž příslušný údaj chyběl.

$$\hat{x}_{jk} = \hat{\alpha}_j + \hat{\beta}_j x_{ik}$$

kde  $k$  je index zemí a nabývá hodnot  $k=1, \dots, M-r$ ,  $M-r$  je počet zemí s chybějícím ukazatelem, index  $i$  představuje ukazatele, které jsou k dispozici, zatímco  $j$  chybějící. Parametry  $\alpha$  a  $\beta$  jsou odhady získané metodou nejmenších čtverců.

Krok 7 se zabývá normováním údajů pomocí průměru a směrodatné odchylky spočítané přes jednotlivé země

$$y^t = \frac{x_{ic}^t - \bar{x}_i}{\sigma_i^o}$$

Nově spočítaný průměr i součet takto normovaných údajů bude 0 a směrodatná odchylka bude rovnat 1. Alternativně se zavádí rovněž transformace na proměnnou

$$I_{ic}^t = \frac{x_{ic}^t - \min_c(x_i^t)}{\max_c(x_i^t) - \min_c(x_i^t)},$$

kde vystupuje minimální a maximální veličin přes jednotlivé země. Takto normované veličiny se budou pohybovat v rozmezí od 0 do 1.

Krok 8. zvažuje 4 metody stanovení vah dílčích ukazatelů expertní skupinou, shodnými vahami, pomocí faktorové analýzy a na základě sledování prospěšnosti jednotlivých zemí. Hodnota souhrnného ukazatele pro jednotlivé země se vypočítá podle výrazu:

$$CI_c = \sum_{q=1}^Q w_q I_{qc}$$



kde součet vah je roven 1, pro všechna  $q=1, \dots, Q$  a  $c=1, \dots, M$ ,  $Q$  je počet dílčích ukazatelů a  $M$  je počet srovnávaných zemí.

V rámci kroku 9. se provádí vyhodnocování inovačního indexu a robustní analýza. Základem použité robustní analýzy je experiment Monte Carlo, který pozůstává ze souboru 300 náhodných simulací ohodnocení indexu s různými vahami i různými druhy normování v jednotlivých skupinách. Úkolem těchto kroků je zdokonalit vypovídací schopnost indexu. Další kroky vedou k ověření stálosti pořadí jednotlivých zemí. Může se např. zjišťovat, která země má nejmenší jistotu výsledného pořadí nebo které faktory ovlivňují pořadí jednotlivých zemí. Výsledky jsou zobrazovány prostřednictvím většího množství nejčastěji krabicových grafů, kde na ose x jsou jednotlivé země seřazené v pořadí dle hodnoty ukazatele vynesené na ose y. Zjišťuje se např. významnost rozdílnosti středních hodnot velikosti agregovaných ukazatelů sousedních zemí v rámci zjištěného pořadí apod.

Analýza trendů představuje krok 10. Provádí se v rozpětí 3 let. Opět se využívá metoda Monte Carlo a výsledkem je odpovídající diagram.

Závěrečné shrnutí a interpretace všech předchozích kroků se provádí v kroku 11. K dispozici jsou informace shromážděné v 5 hlavních blocích s daty za 3 roky. Byla vytvořena báze 300 simulací s alternativami vzniklými 2 způsoby normalizace a 4 způsoby stanovení vah. Všechny analyzované země jsou zařazeny různým způsobem do skupin a sleduje se jak je toto umístění z hlediska skupin stabilní. Rozbor migrace umístění vede k postupným závěrům, např. o stabilitě skupin zemí vzhledem k různým způsobům stanovení vah ukazatelů apod.

Na základě dostupných údajů z dubna roku 2005 je 29 zemí seřazeno<sup>3)</sup> a rozděleno do pěti skupin (hodnocení v 1. skupině je nejvíce pozitivní):

1. skupina Švýcarsko, Finsko, Švédsko, Německo,
2. skupina Dánsko, Belgie, Nizozemsko, Ukrajina, Rakousko, Island, Francie,
3. skupina Lucembursko, Irsko, Norsko, Itálie,
4. skupina Estonsko, Slovinsko, Španělsko, Maďarsko, Česká republika, Lotyšsko, Bulharsko, Portugalsko, Litva,
5. skupina Řecko, Polsko, Kypr, Rumunsko, Slovensko

Analýza trendů v kroku 12. pracuje s tříletým obdobím a je ukončena následujícím pořadím zemí:

Finsko, Švýcarsko, Švédsko, Německo, Dánsko, Belgie, Nizozemsko, Ukrajina, Rakousko, Francie, Island, Lucembursko, Irsko, Norsko, Itálie, Slovinsko, Španělsko, Estonsko, Maďarsko, Česká republika, Portugalsko, Litva, Bulharsko, Lotyšsko, Polsko, Řecko, Kypr, Rumunsko, Slovensko.

Metodika podrobně popsaná v práci Sajevy et al.(2005) obsahuje velmi mnoho dalších detailních informací, např. o definici dílčích ukazatelů, kompletní vstupní údaje, srovnávání ve tříleté periodě i porovnání zařazení v roce 2005 a 2004.

---

<sup>3)</sup> Alternativní propočty uvedené v následující sub-kapitole budou vztaženy právě k tomuto pořadí.

### 3.2 Alternativní propočty

Stručný popis souhrnného inovačního indexu ilustruje dobře současnou tendenci zpracovávat výchozí informaci řadou navazujících samostatných kroků kombinujících různé metody zpracování výchozích informací uvedených v druhé kapitole této práce. To svádí k alternativním propočtům, které mohou postup zjednodušit, upřesnit nebo objektivizovat. V této části uvedu některé alternativní postupy, jejichž cílem je vhodným způsobem představit možnosti využití i jiných alternativních kroků vedoucích v našem případě k obdobným výsledkům, zato jednodušší cestou. Vznikne tak platforma pro porovnávání výhod a nevýhod jednotlivých kroků.

Alternativní kroky budou navazovat na 5. krok metodiky a budou zpracovávat informaci obsaženou ve 26 vytříděných ukazatelích za všechny analyzované státy. Vzhledem k rozsahu této práce se budu důsledně vyhýbat poměrně pracné cestě stanovení pořadí jednotlivých zemí na základě vážené agregace dílčích ukazatelů. Budu se snažit vyloučit informační překrývání a soustředím se na sdružování inklinací.

Nejdříve výchozí soubor analyzuji z hlediska výskytu nežádoucích informačních násobností vzhledem k výskytu multikolinearity, pak příbuznosti či reprezentativnosti ukazatelů shlukovou analýzou a nakonec skrytých vnitřních souvislostí faktorovou analýzou. Propočítání závěrečného pořadí pak bude provedeno pomocí vybraného mimořádně reprezentativního dílčího ukazatele nebo vybraného bloku dílčích ukazatelů, případně se zařazením všech ukazatelů, např. pomocí Friedmanovy ANOVY a Kandallova koeficientu shody. Podobnost získaných pořadí bude porovnána s pořadím uvedeným v práci Sajevy et al. (2005) pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace:

$$\rho = \frac{6 \sum (i_x - i_y)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Těsnost celého systému bude posuzována pomocí koeficientu  $\Phi^2$ , který získáme tím, že odečteme od jedničky determinant korelační matice. Po vyloučení  $j$ -té proměnné získáme celkovou těsnost po této redukci obdobným způsobem. Multikolinearitu lze vyjádřit jako podíl těchto těsností

$$M_j = \frac{\Phi_{-j}^2}{\Phi^2}$$

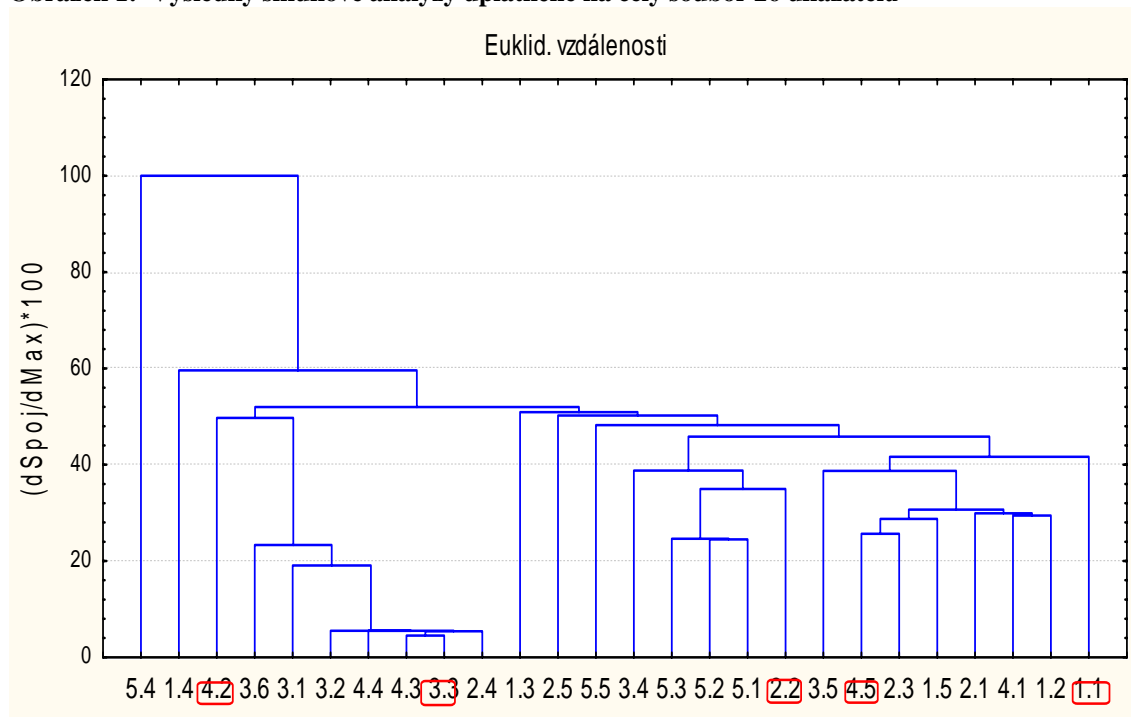
Protože těsnost  $\Phi^2$  celého systému zkoumaného souboru stejně jako těsnosti  $\Phi_{-j}^2$  jsou téměř přesně 1, je zřejmé, že matice je velmi silně provázána nežádoucími vazbami neboli informace potřebná ke stanovení pořadí zemí z hlediska inovační aktivity je v souboru obsažena mnohanásobně. Proto je nutno přistoupit k významné redukci. Z každého z pěti ukazatelových bloků bude vybrán jediný tak, aby vykazoval nejmenší párové korelační koeficienty s ostatními ukazateli v bloku. Výsledkem je následujících 5 ukazatelů: 1.1, 2.2, 3.3, 4.2 a 5.4 (tj. 1. ukazatel z 1. skupiny, 2. z 2. apod.) tvořících redukovanou skupinu. Tabulka 2 ukazuje relativně nízké těsnosti  $\phi_{-j}^2$  tj. po vynechání příslušného ukazatele. Těsnost celé redukované skupiny  $\phi^2 = 0,5$ . Multikolinearity  $M_j$  pro takto redukovanou skupinu ukazatelů se pohybují s výjimkou ukazatele 3.3 okolo 0,5 což je přijatelné.

**Tabulka 2: Multikolinearita a těsnosti ve skupině redukované na pět z původních 26 ukazatelů.**

ukazatel	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
$\phi_j^2$	0,326	0,235	0,436	0,361	0,221
$M_j$	0,684	0,493	0,914	0,757	0,464

Poznámka: Sloupce jsou označeny podle vybraných ukazatelů z původních 26. Jde o 1. ukazatel z 1. původní skupiny apod.  $\phi_j^2$  je těsnost v redukované skupině po vyloučení ukazatele v daném sloupci.  $M_j$  udává podíl nežádoucí těsnosti v redukované skupině po vyloučení daného ukazatele.

Pramen: Vlastní propočty na základě údajů v práci Sajevo et al.(2005) tabulka XVI s.62

**Obrázek 1: Výsledky shlukové analýzy uplatněné na celý soubor 26 ukazatelů**

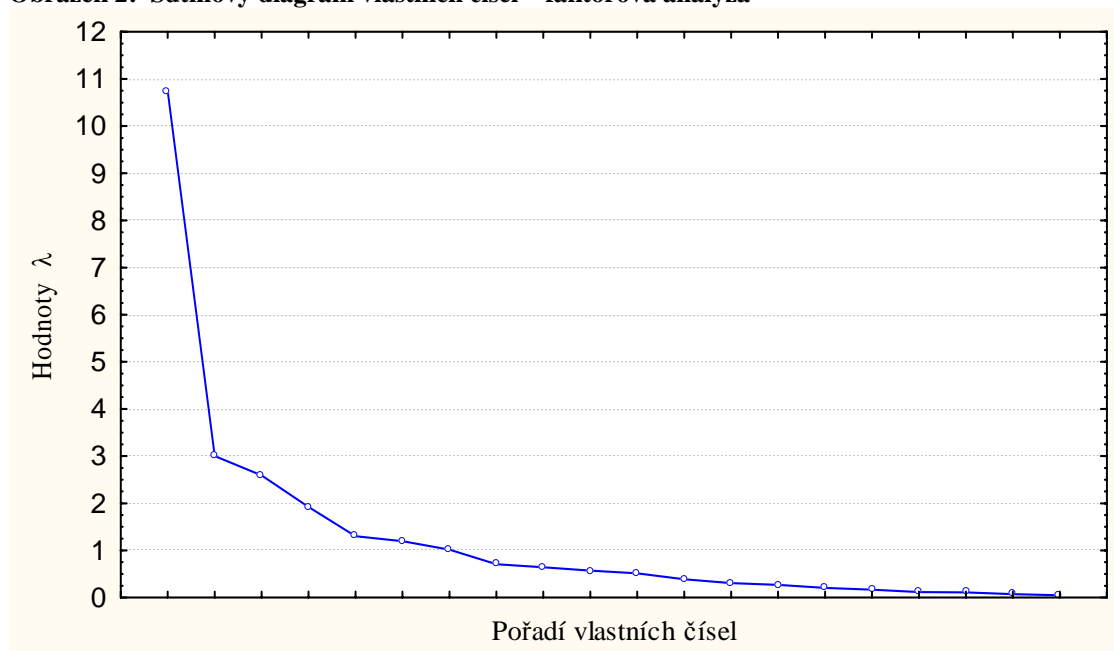
Pramen: Vlastní propočty na základě údajů v práci Sajevo et al.(2005) tabulka XVI s.62

O tom, zda vybrané ukazatele dostatečně reprezentují celý soubor, se lze přesvědčit např. pomocí shlukové analýzy s využitím euklidovské metriky. Třásňový diagram na obrázku 1 ukazuje, že vybraných 5 dílčích ukazatelů reprezentuje dostatečně odlehle shluky ukazatelů. Ukazatele označené čtverečky jsou od sebe relativně dosti vzdálené, neboť je nepropojuje žádná nízko položená spojka.

Faktorová analýza přiřazuje prvnímu faktoru mimořádně vysokou  $\lambda=11$ , druhému faktoru rovněž vysokou hodnotu  $\lambda=3$  a 7 dalších faktorů v pořadí má  $\lambda$  větší než 1, jak je zřejmé ze sutinového diagramu vlastních čísel na obrázku 2. V dalším propočtu byly uvažovány 4 faktory.

Z 26 uvažovaných dílčích ukazatelů má 11 v jeho rámci faktorovou zátěž větší než 0,7. Nejvyšší 0,94 má ukazatel 2.2, který již byl do zúženého výběru zařazen. V rámci faktorové analýzy byla použita rotace Biquartimax prostá.

Obrázek 2: Sutinový diagram vlastních čísel – faktorová analýza



Pramen: Vlastní propočty na základě údajů v práci Sajeve et al.(2005) tabulka XVI s.62

Závěrečná tabulka 3 ukazuje pořadí získaná pomocí

- jediného ukazatele 5.2 (řádek označený 5.2),
- skupiny 5 vybraných ukazatelů 1.1, 2.2, 3.3, 4.2 a 5.4 s dobrou reprezentací a malou multikolinearitou (řádek označený 5uk),
- všech 26 ukazatelů (řádek označený 26uk).

Ve druhém a třetím případě bylo konečné pořadí stanoveno pomocí Friedmanovy ANOVY a Kandallova koeficientu shody. Shoda s pořadím publikovaným v práci Sajeve et al. (2005) je měřena pomocí Spermanova koeficientu pořadové korelace.

Čísla uvedená v tabulce 3 představují pořadí země získané jednou z uvedených metod. Jako výchozí pro porovnávání slouží pořadí SII, které je uvedeno v posledním řádku. Takže Švýcarsko, které je v pořadí zemí podle SII na prvním místě, je na prvním místě také v metodě, kde byla použita skupina 5 vybraných ukazatelů. Metoda využívající všech 26 ukazatelů jej staví na 3 místo, zatímco jeden ukazatel 5.2 na 4 místo. Korelace pořadí informuje o tom do jaké míry je nové pořadí v celku shodné s původním podle SII.

Shoda pořadí je ve všech třech alternativních případech velmi významná. Jediný ukazatel 5.2 setřídí země tak, že pořadí koreluje z 92 % s pořadím SII v práci Sajeve et al. (2005). Pokud použijeme všech 26 ukazatelů koreluje pořadí z 96 %, pokud použijeme skupinu 5 vybraných reprezentačních ukazatelů s velmi malou multikolinearitou je korelace pořadí téměř 99 %.

Je tedy zřejmé, že k podobnému konečnému pořadí lze dospět i jinými cestami, čímž je ilustrována současná pestrá paleta možností zpracování původní informace do konečného pořadí jednotlivých zemí. Podmínkou nutnou nikoliv však postačující k objektivizaci tohoto postupu je dobrá věcná znalost syntetizované problematiky.

Tabulka 3: Srovnání pořadí alternativních propočetů s pořadím SII, korelace pořadí.

	původní pořadí	alternativní propočty		
	SII	5.2	26 uk.	5 uk.
Švýcarsko	1	4	3	1
Finsko	2	2	1	2
Švédsko	3	1	2	6
Německo	4	3	4	5
Dánsko	5	7	6	9
Belgie	6	8	5	7
Nizozemsko	7	6	7	12
Irsko	8	11	8	4
Norsko	9	10	9	10
Itálie	10	12	11	13
Francie	11	9	10	3
Lucembursko	12	5	12	11
Irsko	13	14	16	8
Norsko	14	13	13	20
Itálie	15	15	14	15
Estonsko	16	17	17	14
Slovinsko	17	16	15	18
Španělsko	18	20	18	23
Maďarsko	19	18	20	21
Česká republika	20	19	21	26
Litva	21	26	25	22
Bulharsko	22	25	29	29
Portugalsko	23	24	19	16
Lotyšsko	24	28	27	24
Řecko	25	23	22	17
Polsko	26	27	24	28
Kypr	27	21	23	27
Rumunsko	28	29	28	25
Slovensko	29	22	26	19
korelace pořadí v%	<b>100</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>99</b>

Poznámka: Sloupce uvádějí původní pořadí získané SII a ve třech alternativních propočtech. Podle ukazatele 5.2, pomocí všech ukazatelů sloupec 26 ukazatelů a pomocí redukované skupiny 5 ukazatelů sloupec 5 ukazatelů. Poslední řádek porovnává sloupce pomocí korelace pořadí.

Pramen: . Výchozí údaje za dílčí ukazatele a pořadí SII dle Sajevy et al. (2005).

#### 4. Závěr

Autoři citovaní ve druhé kapitole se shodují v tom, že souhrnné ukazatele jsou výhodné, neboť

- umožňují shrnout komplexní či vícerozměrné údaje;
- mohou být snáze vzájemně porovnávány, ať již mezi jednotlivými územními celky či při sledování vývoje v čase;
- výrazně snižují počet proměnných, jejichž hodnoty by jinak bylo nutno uvádět.

Na druhé straně mezi jejich nevýhody patří, že

- při nevhodné konstrukci či při dezinterpretaci (především při opominutí struktury použitých sub-ukazatelů) mohou svádět k mylným závěrům;

- jsou výrazně ovlivněny právě volbou použitých sub-ukazatelů, resp. přiřazením vah k nim, což může vést ke snaze ovlivňovat ryze statistické postupy, např. politickými rozhodnutími;
- neobejdou se bez znalosti hodnot všech proměnných (sub-ukazatelů), které je potřeba zahrnout do jejich výpočtu.

Uvedené výhody a nevýhody lze také rozdělit na nematematické, subjektivní – sem by patřily první dvě uvedené výhody i nevýhody – a na matematické, objektivní – sem by patřila poslední výhoda a nevýhoda. Pokud je však při interpretaci souhrnných ukazatelů striktně dodržováno uvádění použitých sub-ukazatelů spolu s tím, jaké váhy byly při jejich konstrukci použity, je nebezpečí výskytu obou nematematických nevýhod zcela eliminováno.

V publikaci Mederlyho, Topercera a Nováčka (2004) autoři konstruovali na regionální úrovni **Index kvality života**, na národní úrovni **Index kvality a udržitelnosti života** a na globální úrovni **Index udržitelného rozvoje**. Práce je názornou ukázkou toho, jak široké je spektrum statistických metod, které se podílejí na konstrukci souhrnných ukazatelů. Je jistě jen otázkou času, kdy budou do této problematiky širše zapojeny i techniky vytěžování dat (*data-mining*).

Z matematického hlediska je u souhrnných ukazatelů potřeba mít na zřeteli, co konečniců platí u každého matematického modelu:

- nikdy nemohou dokonale popsat realitu jako celek, vypovídají pouze o té její části, která byla popsána daty (vhodný výřez relevantních informací je ale plně v našich rukou) ;
- úroveň výpovědi je poplatná tomu, jakými metodami byla data zpracována.

Uvedme jako příklad již zmiňovaný souhrnný ukazatel HDI (**Human Development Index**), který je konstruován jako aritmetický průměr přepočítaných hodnot tří sub-ukazatelů: očekávaná délka života, úroveň gramotnosti a HDP na osobu. Výsledná hodnota tedy vypovídá jen o této trojici sub-ukazatelů, ale sama o jejich jednotlivých hodnotách nevypovídá. Mají-li totiž dvě země stejnou hodnotu HDI, neznamená to ještě, že mají identické hodnoty u všech tří sub-ukazatelů.

Souhrnný ukazatel je zkrátka zjednodušení reality, podobně jako např. model lodi není lodí skutečnou, a jako takové musíme souhrnné ukazatele chápat a interpretovat. Vedle vysoké míry subjektivity, která se může vyskytnout při volbě použitých sub-ukazatelů či volbě způsobu jejich numerického zpracování, lze proto za nejvýraznější nevýhodu souhrnných ukazatelů označit právě nebezpečí jejich dezinterpretace. Naopak za jejich největší a podstatnou výhodu lze označit schopnost vystihnout momentálně podstatný jednotný trend či inklinaci mnoha různých ukazatelů. Saisana a Tarantola k tomu říkají: „Ačkoli věda nemůže poskytnout objektivní metodu vyvíjení jednoho jediného přesného (pravdivého) souhrnného ukazatele pro shrnutí nějakého složitého systému, může výrazně pomoci při zajišťování takového postupu agregace, která je jak rozumná a transparentní, tak proveditelná.“

Přes uvedené nevýhody i momentální stav výzkumu je potřeba výsledného shrnutí dílčích často i protichůdných závěrů stále naléhavější. Přitom nejde o nepodstatný problém, neboť do jeho řešení se promítá kromě znalosti pokročilých kvantitativních metod

těž úroveň poznání zkoumané problematiky. Především ta určuje kvalitu řešení, neboť umožňuje zdůvodnitelné definování obsahu souhrnného i dílčích ukazatelů s dobrou věcnou interpretací. To je nutná podmínka výstavby algoritmů a metod souhrnných ukazatelů zahrnujících rovněž prověřování vhodnosti a kvality vstupní informace, způsoby doplňování, očišťování, třídění, vážení a následného alternativního případně víceúrovňového agregování dílčích ukazatelů, prověřování citlivosti výsledků i hledání jejich vhodné názorné prezentace. Vlastní agregace může mít formu průměru, prostého nebo vektorového součtu či součinu, nebo můžeme agregovat jen inklinace. Kritériem správnosti zpracování výchozí informace, stanovení odpovídajícího agregačního postupu i závěrečného testování stability a prezentování je soulad získaných závěrů s realitou.

I při nižším stupni poznání lze využít některých předností používání souhrnných ukazatelů a sice jejich transparentnost a reprodukovatelnost. Matematicky přesně a korektně popsaný postup výpočtu je cenným zachycením momentálního stavu poznání, které se bude dále rozvíjet. Arbitrárnost stanovení některých kroků nemusí příliš snižovat hodnotu výsledků, které tak mohou sloužit např. k bezproblémovému vzájemnému srovnávání.

## Literatura

**Anděl, J.:** Matematická statistika. Praha, SNTL Alfa 1978.

**Bencko, V. et al.:** Statistické metody v epidemiologii. Praha, Carolinum 2003.

**Bowen, H. P.:** Benchmarking the Competitiveness of Nations: Non-Uniform Weighting and Non-Economic Dimensions. Vlerick Leuven Gent Management School, 2005.  
Elektronická učebnice statistiky.

**Nardo, M., Saisana, M., Tarantola, S., Saltelli, A., Tarantola, S.:** Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris, OECD 2005.

**Mederly, P., Topercer, J., Nováček, P.:** Indikátory kvality života a udržitelného rozvoje – kvantitativní, vícerozměrný a variantní přístup. Praha, Univerzita Karlova, CESES 2004.

**Saisana, M., Tarantola, S.:** State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development., Brussels, European Commission, Joint Research Centre, 2002.

**Salzman, J.:** Methodological Choices Encountered in the Construction of Composite Indices of Economic and Social Well-Being., Brussels, Center for the Study of Living Standards 2003.

**Sajeva, M., Gatelli, D., Tarantola, S., Hollanders, H.:** Methodology Report on European Innovation Scoreboard 2005. Brussels, European Commission 2005.

**Obsah:**

1. Úvod .....	2
2. Analýza souhrnných ukazatelů .....	3
2.1 Volba sub-ukazatelů .....	3
2.2 Přehled typů metod pro tvorbu souhrnného ukazatele.....	4
2.3 Úpravy hodnot číselných sub-ukazatelů .....	13
3. Souhrnný inovační index .....	14
3.1 Popis metody.....	14
3.2 Alternativní propočty .....	17
4. Závěr.....	20
Literatura .....	22



## **Composite Indicators – Remarks to Their Determination**

### **Abstract:**

The economic research concentrates among others on the problem of composite indicators. Any composite indicator can not describe the reality completely, it is always some simplification. The weakness of the composite indicators might be certain level of subjectivity when choosing the sub-indicators or the aggregating methods. Their main disadvantage is the danger of misinterpretation. The main advantage vice versa is their ability to detect trends inside the class of sub-indicators and to allow the comparison e.g. of distinct countries. This contribution summarizes the methods and approaches already used, at first. The second part comments as an example the European Innovation Index.

**Key words:** composite and sub indicators, mathematical model, aggregating methods, inclination, quantitative methods, partial trends, contending trends.

**JEL Classification:** C43

Karel Hrach, Centre for Economic Studies, I. P. Pavlova 3, CZ – 120 00 Praha 2  
(e-mail: karel.hrach@vsem.cz)

Jiří Mihola, Centre for Economic Studies, I. P. Pavlova 3, CZ – 120 00 Praha 2  
(e-mail: jiri.mihola@vsem.cz)

## **Dosud vyšlo:**

WP CES VŠEM 1/2005. Vintrová, R.: Co neodhaluje HDP při analýze ekonomického růstu a reálné konvergence.

WP CES VŠEM 2/2005. Spěváček, V.: Ekonomický růst České republiky ve světle ukazatelů reálného důchodu.

WP CES VŠEM 3/2005. Vymětal, P., Žák, M.: Vývoj institucí a ekonomická výkonnost.

WP CES VŠEM 4/2005. Müller K.: Institucionální kontext inovačně založené ekonomiky.

WP CES VŠEM 5/2005. Hájek, M.: Ekonomický růst a souhrnná produktivita faktorů v České republice v letech 1992-2004.

\*\*\*

## **Centrum ekonomických studií Vysoké školy ekonomie a managementu**

[www.cesvsem.cz](http://www.cesvsem.cz)

Centrum ekonomických studií VŠEM je výzkumné pracoviště Vysoké školy ekonomie a managementu a působí v rámci Grantového fondu VŠEM. Výzkum je zaměřen zejména na analýzu faktorů konkurenceschopnosti české ekonomiky v mezinárodním srovnání a na identifikaci souvisejících hospodářsko politických implikací pro podporu ekonomického dohánění a přechodu na znalostně založenou ekonomiku. Realizace výzkumných aktivit probíhá od roku 2005 v rámci dvou dlouhodobých výzkumných projektů (Růstová výkonnost a kvalitativní konkurenceschopnost české ekonomiky, GA402/05/2210; Centrum výzkumu konkurenční schopnosti české ekonomiky, MŠMT 1M0524). Tematicky je výzkum zaměřen na čtyři dílčí komponenty: (1) Růstová výkonnost a stabilita, (2) Institucionální kvalita, (3) Konkurenční výhoda a inovační výkonnost, (4) Kvalita lidských zdrojů (realizovaná Národní observatoří zaměstnanosti a vzdělávání).

\*\*\*

## **Working Paper CES VŠEM**

### **Redakční rada:**

Doc. Ing. Anna Kadeřábková, Ph.D.

Doc. Ing. Karel Müller, CSc

Prof. Ing. Vojtěch Spěváček, DrSc.

Prof. Ing. Milan Žák, CSc.

### **Odpovědná redaktorka:**

Ing. Marta Ondráčková

### **Redaktorka textu:**

Ing. Hana Rosická





**CES**

CENTRUM EKONOMICKÝCH STUDIÍ VŠEM

I.P.Pavlova 3  
120 00 Praha 2  
tel +420 841 133 166  
bulletin@vsem.cz  
www.cesvsem.cz