

Kauzálnemu modelovaniu se venuje najmä v posledných rokoch široká a systematická pozornosť tak v sociologickej metodológii, ako aj priamo vo výskumníckej praxi. Je to tak i na pôde marxisticko-leninskej sociológie, kde obzvlášť sovietski autori analyzujú a rozvíjajú túto problematiku z viacerých hľadísk [Andrejenkov 1979; Blalock—Aganbegjan—Borodkin—Boudon—Capecchi 1977; Bestužev—Lada—Varygin—Malachov 1978; Osipov—Andrejenkov 1974; Osipov—Andrejev 1977]. U nás však kauzálne modelovanie tohto druhu doposiaľ nezapustilo hlbšie korene.

Cieľom tejto štúdie je aspoň čiastočne prispieť k minimalizácii existujúceho dlhu na jednom — i keď parciálnom, no pre danú problematiku veľmi významnom — úseku. Je ním *problém identifikácie*, ktorý tvorí jednu zo základných matematických otázok kauzálneho modelovania. V štúdií zhrňame prediskutované a všeobecne prijaté princípy riešenia tohto matematického problému tak, aby vystúpili čo možno najinštruktívnejšie pre potreby výskumníckej praxe. V tomto zmysle volíme i meritórny príklad, ktorým možno ilustrovať niektoré momenty analyzovaného problému.

### **1. Kauzálne modelovanie<sup>(1)</sup>**

Kauzálne modelovanie (alebo jeho synonymum — kauzálna analýza) je osobitným výskumným postupom, ktorého cieľom je odкрývanie kauzálnych vzťahov v zložitých systémoch premenných veličín s využitím empirických (štatistických) údajov. Vzniklo v súvislosti s analýzou možnosti zisťovania a potvrdzovania kauzálnych súvislostí zo získaných štatistických údajov, na základe problematiky zdanlivých korelácií a rozvinutím metód korelačnej a regresnej analýzy. Zmyslom kauzálneho modelu je odkryť a verifikovať štruktúru kauzálnych vzťahov v presne vymedzenom systéme premenných veličín a kvantitatívne hodnotiť silu zistených kauzálnych súvislostí.

Kauzálne modelovanie nie je teda totožné s akýmkoľvek odкрývaním kauzálnych vzťahov, je iba jeho osobitným prípadom. Preto by bolo možné hovoriť aj o kauzálnnej analýze v užšom zmysle. Kauzálne vzťahy totiž možno odкрývať aj na základe iných prístupov a metód. Kauzálne modelovanie však nie je univerzálnou metódou aj z iného dôvodu. Kauzálnymi modelmi sa spravidla zobrazujú systémy sociálnych premenných veličín (abstraktné celky). Kauzálne modelovanie neumožňuje odhaliť imanentný zákon (alebo systém imanentných zákonov) konkrétneho celku, dialektickej totality (napr. sociálneho systému). Odhaliť takýto zákon konkrétneho celku, t. j. formu jeho samopohybu, umožňuje iba dialektická analýza a jej produkt — vývinová teória. Výsledkom kauzálneho modelovania môžu byť nanajvýš idealizačné teórie [Černík 1977; Černík—Farkašová—Viceník 1980].

<sup>(1)</sup> Pre pochopenie analyzovaného problému uvádzame niekoľko nevyhnutných základných informácií o kauzálnnej analýze a jej hlavných princípoch. Nemožno ich považovať za vyčerpávajúce. Širšie sme sa niektorými z nich už zaoberali v štúdií [Schenk 1979] a komplexnejšie spracovanie problematiky kauzálneho modelovania obsahuje štúdiá *Metodologické problémy modelovania v sociologickom bádani*, ktorú na vydanie v r. 1981 pripravuje Nakladatelstvo Pravda.

Kauzálne modelovanie daného typu sa začalo rozvíjať najmä v nemarxistickej sociológii (H. A. Simon, H. M. Blalock, R. Boudon, O. D. Duncan). V mnohom nadväzuje na Wrightove práce z genetiky a na ekonometrické modelovanie. V nemarxistickej sociológii vychádza z filozoficky neprijateľného riešenia koncepcie kauzality<sup>(2)</sup> a opiera sa predovšetkým o prístup *ex post factum*. V metodológii marxisticko-leninskej sociológie možno a treba tento postup stavať a zakotviť zdôvodnenejšie. V tomto zmysle treba prísne rešpektovať koncepciu kauzality, ako ju rozvíja dialektickomaterialistická filozofia a ako sa koncentrovane vyjadruje v princípe príčinnosti [Naletov 1975 : 14—20]. Navyše aj prístup k odkrývaniu kauzálnych súvislostí, ktorý možno pracovne nazvať formuláciou a verifikáciou kauzálnej hypotézy [Schenk 1979 : 359—360].

Pri odkrývaní a zobrazovaní kauzálnych súvislostí v systémoch sociálnych skutočností sa v rámci kauzálneho modelovania využívajú rôzne typy matematických systémov. Sú to systémy rekurzívne, nerekurzívne a blokovo-rekurzívne. Prvky *rekurzívneho* systému sú spojené jednosmernými, lineárnymi a aditívnymi kauzálnymi vzťahmi. V *nerekurzívnych* systémoch môžu byť kauzálne vzťahy medzi niektorými prvkami (odvodenými alebo endogénnymi zložkami modelu) obojsmerné, kým medzi inými (základnými alebo exogénnymi na jednej strane a odvodenými na strane druhej) musia byť jednosmerné. V *blokovo-rekurzívnych* systémoch sa na základe určitých teoretických dôvodov prvky združujú do jednotlivých blokov. Kauzálne vzťahy medzi blokmi musia byť jednosmerné, no vo vnútri každého bloku môžu byť i obojsmerné.

Všetky zložky kauzálneho modelu musia mať charakter premenných veličín. Vzhľadom na to, že metódy kauzálneho modelovania sú rozvinutím korelačne a regresnej analýzy, mali by to byť aspoň intervalové znaky. Za určitých podmienok však možno použiť aj nominálne (najmä dichotomizované) a ordinálne znaky alebo niektoré transformácie (napr. na tzv. dummy premenné). V kauzálnej analýze možno pracovať tak so štandardizovanými, ako aj s neštandardizovanými premennými veličinami a parametrami. Predpokladá sa dostatočne veľká výskumná vzorka. Vstupné údaje modelu spravidla tvorí matica jednoduchých korelačných alebo regresných koeficientov. Vstupné údaje modelu sa s využitím jednotlivých metód kauzálnej analýzy (v rekurzívnych systémoch napr. s využitím Simonovej—Blalockovej metódy, path analýzy a analýzy závislosti, resp. metódy obyčajných najmenších štvorcov, v nerekurzívnych systémoch zasa napr. s využitím metódy nepriamych štvorcov alebo dvojstupňových najmenších štvorcov) analyzujú tak, aby sa 1. odkryli priame a nepriame kauzálne vzťahy medzi zložkami modelu, 2. parametrami príslušných rovníc kvantitatívne vyjadrila sila ich závislostí a 3. testovaním modelu potvrdila primeranosť empirickým údajom.

Systém premenných veličín, ktorého kauzálna štruktúra sa odkrýva, musí byť presne vymedzený a úplný tak z hľadiska meritórneho, ako aj z hľadiska formálneho. To vyžaduje presne stanoviť úroveň v teoretickej hierarchii, na ktorej sa systém vymedzuje, a explicitne rozhodnúť o tom, ktoré jeho zložky už v danom rámci nemožno (alebo netreba) vysvetliť. Tieto zložky sa nazývajú základnými alebo exogénnymi. Zložky modelu, ktoré sú nimi určené, sa nazývajú odvodenými alebo

(2) Pomerne veľmi typická je v tomto zmysle napr. scientisticky ladená koncepcia, v ktorej sa zveličuje rozdiel medzi „filozofickým“ a „špeciálnovedným“ prístupom ku skúmaniu kauzality. Tak napr. J. Galtung tvrdí, že najrozumnejší je operacionálny alebo operatívny prístup k problému kauzality [Blalock—Aganbegian—Borodkin—Boudon—Capecehi 1977 : 39].

endogénnymi.<sup>(3)</sup> Spolu sú to explicitné činitele modelu. Okrem nich kauzálne modely obsahujú ešte i tzv. implicitné činitele. Spravidla sa nimi označuje pôsobenie modelom nezohľadnených skutočností na explicitné činitele. Kauzálny model — tak isto ako každý iný model — totiž charakterizuje i špecifické zjednodušené zobrazenie objektu. Implicitnými činiteľmi však možno vyjadriť napr. aj chyby, ku ktorým dochádza pri meraní explicitných zložiek modelu. Na tomto princípe sa zakladajú špecifické kauzálne modely s náhodnými (napr. modely s viacnásobnými indikátormi a nemerateľnými premennými) i s nie náhodnými chybami pri meraní. Takto vybudovaný kauzálny model je úplný a každá jeho zložka je úplne vymedzená predpokladanými priamymi a nepriamymi kauzálnymi vzťahmi s inými zložkami modelu a pôsobením príslušného implicitného činiteľa.

Z metodologického hľadiska možno základné kroky kauzálnej analýzy vyjadriť napr. schémou:  $KH-KS-SŠR-MR-I$ . Východiskom je vybudovanie teoretického modelu skúmaných skutočností, resp. formulovanie určitej kauzálnej hypotézy ( $KH$ ) a jej zdôvodnenie existujúcimi teoretickými poznatkami, prípadne údajmi. Niekedy možno formulovať i viac alternatívnych kauzálnych hypotéz. Každá  $KH$  sa transformuje do kauzálnej schémy ( $KS$ ), t. j. do grafu, ktorého orientované hrany vyjadrujú predpokladané kauzálne súvislosti. Kauzálna schéma sa matematicky vyjadri systémom štruktúrnych rovníc ( $SŠR$ ) a určí sa, či ide o systém rekurzívny, nerekurzívny alebo blokovo-rekurzívny. Po preverení identifikovateľnosti týchto rovníc a v niektorých prípadoch i po predbežnom testovaní, ktorého cieľom je vybrať tú z alternatívnych  $KH$ , ktorú v najvyššom stupni potvrdzujú empirické údaje, alebo redukovať pôvodný počet alternatívnych hypotéz, sa s pomocou modelových rovníc ( $MR$ ) a v závislosti na zvolenej metóde hodnotia sledované parametre rovníc. Interpretácii ( $I$ ) spravidla ešte predchádza i testovanie modelu.

Ako vidno, matematický problém identifikácie, ktorým sa zaoberáme v tejto štúdií, má v kauzálnom modelovaní osobitné miesto a význam. Plne ich však možno pochopiť len so zreteľom na celý modelovací cyklus.

Toto na prvý pohľad evidentné konštatovanie je osobitne dôležité. Treba naň upozorniť v súvislosti s príkladmi kauzálnych modelov, ktoré sa uvádzajú v ďalšom texte. Vzťahuje sa na všeobecné hypotetické kauzálne modely a najmä na konkrétny kauzálny model, ktorý sa uvádza v záverečnej časti štúdie ako meritórny príklad. Pre zachovanie kontinuity textu sa preto k niektorým z týchto otázok vrátíme na príslušnom mieste.

## 2. Identifikácia a jej varianty

*Matematický problém identifikácie* treba riešiť pri modelovaní rekurzívnych, nerekurzívnych i blokovo-rekurzívnych systémov. Je jedným zo základných predpokladov hodnotenia a interpretácie parametrov a rovníc v metódach kauzálnej analýzy. Navyše veľmi úzko súvisí s možnosťami overenia kauzálnej hypotézy v tom zmysle, či ju získané empirické údaje potvrdzujú úplne, čiastočne, alebo vôbec nepotvrdzujú.

<sup>(3)</sup> Exogénne premenné sú v kauzálnom modelovaní vždy nezávislé na endogénných. Rozlišujú sa dva druhy exogénnych premenných: 1. vlastné exogénne premenné a 2. časovo oneskorené hodnoty endogénnych premenných [Blalock 1975 : 440]. Exogénne premenné nie sú v danom modeli určované nijakými inými jeho explicitnými zložkami. Niekedy však (napr. v rámci path analýzy) sa využívajú aj empiricky zistené korelácie medzi exogénnymi premennými, ale to nemá charakter kauzálnej interpretácie.

Premenné, ktoré sú v modeli určené aspoň jedným priamym kauzálnym vzťahom k inej premennej modelu, sú endogénne premenné. Spravidla (podľa kauzálnej hypotézy) bývajú určené aj nepriamymi kauzálnymi vzťahmi („prostredníctvom“ inej premennej) a príslúchajúceimi implicitnými činiteľmi. V tomto zmysle sú endogénne premenné plne určené v danom kauzálnom modeli.

Veľmi všeobecne možno povedať, že problém identifikácie je problémom overenia matematicky stanovených podmienok, pri splnení ktorých možno určiť (hodnotiť) neznáme parametre štruktúrnych rovníc na základe empiricky zistených údajov. Je to teda predovšetkým problém určenia a overenia podmienok pre hodnotenie hľadaných parametrov štruktúrnych rovníc. Funkciou týchto parametrov je vyjadriť stupeň kauzálnej závislosti medzi príslušnými zložkami modelu.

Ak v zmysle týchto matematických podmienok možno hľadané parametre (koeficienty) určiť z empirických údajov, dané parametre (alebo rovnice) sú *identifikovateľné*. Tu však zároveň vzniká i otázka, či možno všetky parametre zo všetkých rovníc určiť jednoznačne. Vtedy, keď riešením všetkých rovníc možno získať iba jedno určenie (hodnotenie) každého hľadaného parametra, všetky parametre sú *presne identifikované*. Môže sa však stať i to, že na základe všetkých rovníc dostaneme viac určení jedného parametra (napr. z dvoch rôznych rovníc dve rôzne určenia jedného a toho istého parametra), alebo daná rovnica obsahuje viac empirických údajov, než je nevyhnutné pre jednoznačné určenie dajakého parametra. V tomto prípade ide o *preidentifikovanosť*, a to buď o preidentifikovanosť celej sústavy rovníc alebo o preidentifikovanosť danej rovnice. Presná identifikovanosť a preidentifikovanosť sú *dva varianty* identifikovateľnosti.

V kauzálnej analýze treba počítať i s možnosťou *neidentifikovateľnosti*. Dochádza k nej vtedy, keď na základe empiricky zistených údajov nemožno určiť hľadané parametre štruktúrnych rovníc. Neidentifikovateľnosť je dôsledkom *podidentifikovanosti* niektorých rovníc. Podidentifikovaná rovnica obsahuje menej empirických údajov, než je nevyhnutné na určenie jedného alebo viacerých parametrov. Sústava rovníc môže obsahovať aj viac podidentifikovaných rovníc. Podidentifikované sústavy obsahujú viac neznámych parametrov, než je možné určiť daným počtom rovníc.

### 3. Podmienky identifikovateľnosti

Pri overovaní identifikovateľnosti rovníc nepostačujú iba vyššie uvedené všeobecné poznatky. Treba použiť jednoznačne formulované kritériá. Vyjadruje ich tzv. nevyhnutná a dostatočná podmienka identifikovateľnosti. Vyčerpávajúca formulácia oboch podmienok sa opiera o využitie náročnejšieho matematického aparátu a rozvíja sa predovšetkým na pôde ekonometrie. Vzhľadom na potreby kauzálnej analýzy v sociologickom bádani možno však obe podmienky vyjadriť aj jednoduchšie, ale to neznamená, že menej presne [porov. Blalock 1969 : 64—64; Blalock 1975 : 502 až 505; Duncan 1975 : 83; Hušek—Walter 1976 : 144—156; Koopmans 1971 a pod.].

#### *Nevyhnutná podmienka identifikovateľnosti štruktúrnej rovnice*

*Nevyhnutná* (avšak nie dostatočná) podmienka identifikovateľnosti štruktúrnej rovnice sa nazýva i rádovou podmienkou („order condition“). Vychádza sa tu z toho, že model, ktorý obsahuje počet  $k$  endogénnych premenných, musí obsahovať aj počet  $k$  rovníc na hodnotenie príslušných parametrov. Každá rovnica určuje jednu endogénnu premennú, a preto treba vytvoriť toľko rovníc, koľko je endogénnych premenných. Aby daná rovnica bola identifikovateľná, počet premenných, ktoré treba vylúčiť z danej rovnice (t. j. nepredpokladať kauzálne súvislosti medzi endogénnou premennou, ktorú určuje daná rovnica, a inými premennými modelu), musí byť prinajmenšom rovný počtu endogénnych premenných modelu mínus jedna, t. j.  $k - 1$ .

Ak počet premenných, ktorých pôsobenie je vylúčené (nepredpokladá sa) z danej rovnice, označíme ako  $G$ , môžu nastať tri možnosti:

|      |             |
|------|-------------|
| I.   | $G = k - 1$ |
| II.  | $G > k - 1$ |
| III. | $G < k - 1$ |

So zreteľom na uvedenú podmienku platí, že rovnica je *identifikovateľná* aj v prípade I. aj v prípade II. Pritom, ak  $G = k - 1$ , rovnica je *presne identifikovaná*, zatiaľ čo vtedy, ak  $G > k - 1$ , rovnica je *preidentifikovaná*, lebo sa z nej vylúčilo viac ako nevyhnutných  $k - 1$  premenných. Tretí prípad reprezentuje situáciu, v ktorej je rovnica *podidentifikovaná* a teda *neidentifikovateľná*. Vylúčilo sa z nej menej než nevyhnutných  $k - 1$  premenných (krajnou možnosťou je, že obsahuje všetky premenné modelu).

#### *Dostatočná podmienka identifikovateľnosti štruktúrnej rovnice*

*Dostatočná* podmienka identifikovateľnosti štruktúrnej rovnice sa nazýva i hodnotnou podmienkou („rank condition“). Stanovuje sa ňou, že každá rovnica musí byť rôzna tak od ostatných rovníc, ako aj od všetkých možných lineárnych kombinácií týchto rovníc. To znamená, že dve alebo viac rovníc nesmú obsahovať identickú kombináciu premenných a že k nijakej z rovníc nemožno dospieť aj lineárnou kombináciou (napr. súčtom) niektorých alebo všetkých zvyšujúcich rovníc.

V celom rade prípadov, najmä pri použití náročnejšieho matematického aparátu (maticového počtu) a tzv. redukovaných tvarov rovníc,<sup>(4)</sup> sa hodnotná podmienka považuje za nevyhnutnú a zároveň aj dostatočnú podmienku identifikovateľnosti [Blalock 1975 : 502—505; Hušek—Walter 1976 : 152; Koopmans 1971 : 169]. Možno ju totiž určiť na základe hodnoty matice štruktúrnych parametrov modelu a jej determinantu.

#### **4. Identifikovateľnosť v nerekurzívnych systémoch**

Riešenie problému identifikácie vo všeobecnej podobe nepostačuje. Vyžaduje ilustráciu. Predpokladajme hypotetický, veľmi jednoduchý nerekurzívny model (t. j. model, v ktorom kauzálne vzťahy medzi exogénnymi a endogénnymi premennými musia byť jednosmerné, kým vzťahy medzi endogénnymi navzájom môžu byť obojsmerné, pričom takto späté musia byť aspoň dve endogénne premenné), ktorý je zobrazený kauzálnou schémou na obr. č. 1. Model tvoria 4 zložky: 2 vzájomne sa ovplyvňujúce endogénne premenné  $X_1$  a  $X_2$  (spolu s prislúchajúcimi implicitnými činiteľmi  $\epsilon_1$  a  $\epsilon_2$ ), ako aj dve exogénne premenné veličiny  $Z_1$  a  $Z_2$ .<sup>(5)</sup> Orientované hrany vyjadrujú predpokladané kauzálne závislosti.

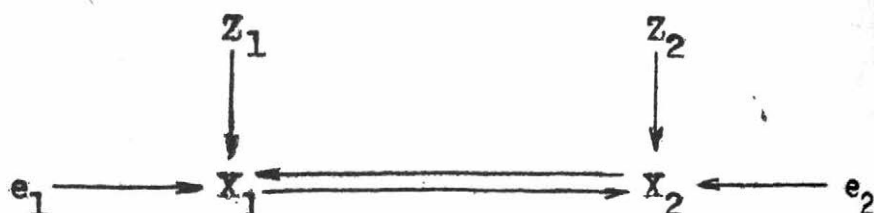
Pre tento model možno zostaviť sústavu štruktúrnych rovníc, ktorá pozostáva z dvoch rovníc: z rovnice (1.1) pre endogénnu premennú  $X_1$  a z rovnice (1.2) pre endogénnu rovnicu  $X_2$ . Pre zreteľné rozlíšenie súvislostí vzťahu medzi endogénnymi

<sup>(4)</sup> Redukované tvary rovníc vznikajú takou jednoduchou úpravou štruktúrnych rovníc, pri ktorej sa endogénne premenné vyjadria ako funkcie iba exogénnych premenných a prislúchajúcich implicitných činiteľov. To znamená, že v rovnici pre každú endogénnu premennú sa už nesmie vyskytovať nijaká iná endogénna premenná veličina.

<sup>(5)</sup> V nerekurzívnych systémoch sa exogénne premenné označujú  $Z_1$  a endogénne  $X_1$ . Je to nevyhnutné pre špecifické operácie pri budovaní redukovaných tvarov rovníc a pre vyčleňovanie tzv. inštrumentálnych premenných, ktoré umožňujú osobitné postupy identifikácie a hodnotenia parametrov [Duncan 1975 : 70, 82—84, 124—125, 134—135].

Vo funkcii inštrumentálnej premennej vystupujú exogénne veličiny  $Z_1$ . Premenná  $Z_1$  je vzhľadom na (obojsmerný) kauzálny vzťah veličín  $X_1$  a  $X_2$  inštrumentálnou premennou vtedy, ak priamo alebo nepriamo podmieňuje  $X_1$ , ale priamo neovplyvňuje  $X_2$ ; premennú  $X_2$  môže určovať iba nepriamo — prostredníctvom  $X_1$ .  $Z_1$  pritom nesmie korelovať s implicitným činiteľom premennej  $X_2$ , t. j. s  $\epsilon_2$ .

# Schéma 1



premennými sa označujú parametrami typu  $\beta_{ij}$ , kým vzťahy medzi exogénnou a endogénnou veličinou zasa parametrami typu  $\gamma_{ij}$ . Pritom  $\alpha_i$  je konštanta regresnej priamky.

$$(1.1) \quad X_1 = \alpha_1 + \beta_{12}X_2 + \gamma_{11}Z_1 + e_1$$

$$(1.2) \quad X_2 = \alpha_2 + \beta_{21}X_1 + \gamma_{22}Z_2 + e_2$$

Model obsahuje  $k = 2$  endogénne premenné a teda 2 štruktúrne rovnice. Rádová podmienka identifikovateľnosti vyžaduje, aby sa z každej rovnice vylúčila prínajmenšom  $k - 1 = 1$  premenná.<sup>(6)</sup> To znamená, že aspoň v jednom prípade nemožno predpokladať kauzálny vzťah medzi danou endogénnou premennou a niektorou z ďalších premenných modelu. Obe rovnice túto podmienku spĺňajú v plnom rozsahu: predpokladáme, že  $Z_1$  kauzálné nepôsobí na  $X_2$  a že  $Z_2$  nespôsobuje zasa  $X_1$ ; parametre, ktoré vyjadrujú tieto vzťahy, by teda mali byť rovné nule, t. j.  $\gamma_{21} = \gamma_{12} = 0$ . Model má celkovo 4 explicitné premenné (2 exogénne a 2 endogénne), no každá rovnica obsahuje iba 3 premenné. V oboch prípadoch je teda v uvedenom zmysle z nich vylúčená presne  $k - 1 = 1$  premenná. Obe rovnice sú preto presne identifikované. Zároveň neobsahujú identickú kombináciu premenných:  $Z_1$  sa vyskytuje len v rovnici (1.1) a  $Z_2$  len v rovnici (1.2).

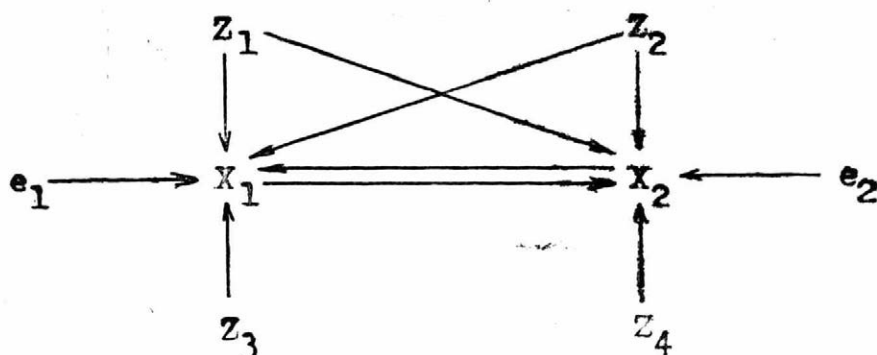
Z toho je zrejmé, že na identifikovanie obojsmerného kauzálného vzťahu medzi  $X_1$  a  $X_2$  nestačí ani zavedenie jednej  $Z_i$  do modelu, ani obe exogénne premenné sa nesmú naraz vyskytovať v oboch rovniciach. Ak by sme totiž model budovali iba s jednou  $Z_i$ , ktorá by podmieňovala obe endogénne premenné, rovnice by boli nevyhnutne podidentifikované, lebo by obsahovali všetky premenné modelu. Ak by v modeli s jednou  $Z_i$  bolo možné predpokladať iba jej súvislosť s jednou endogénnou premennou (napr. s  $X_1$ ), potom by rovnica pre  $X_2$  bola síce presne identifikovaná, ale rovnica pre  $X_1$  by sa stala podidentifikovaná. Ak by  $Z_1$  i  $Z_2$  kauzálné súviseli s oboma endogénnymi premennými, obidve štruktúrne rovnice by boli nevyhnutne podidentifikované.

Lahko sa však môže stať, že z rôznych dôvodov nebude možné udržať jeden z predpokladov modelu na obr. č. 1, konkrétne predpoklad, že exogénna premenná  $Z_1$  kauzálné nepôsobí na endogénnu premennú  $X_2$  a druhá exogénna premenná  $Z_2$  zasa na endogénnu premennú  $X_1$ . Zrušenie tohto predpokladu — ako sme si mohli už

<sup>(6)</sup> Vynechanie  $k - 1$  premennej z rovnice možno nahradiť aj inou podmienkou. Z rovnice netreba vynechať  $k - 1$  premennú vtedy, ak sú hodnoty príslušných parametrov už vopred známe a netreba ich získavať z empirických údajov [Blalock 1975 : 510]. To však je situácia zatiaľ priveľmi zriedkavá.

všimnúť — vedie k podidentifikovanosti oboch rovníc. V takomto prípade sa neprijemným následkom neidentifikovateľnosti možno vyhnúť iba tak, že sa model rozšíri. Treba doň zahrnúť dve nové exogénne premenné, napr.  $Z_3$  a  $Z_4$ . Opätovne treba predpokladať, že  $Z_3$  pôsobí iba na  $X_1$  a už nie aj na  $X_2$ , kým  $Z_4$  iba na  $X_2$  a už nie aj na  $X_1$ . Rozšírený model je zobrazený kauzálnou schémou 2.

Schéma 2



Platí preň sústava štruktúrnych rovníc (2.1)–(2.2):

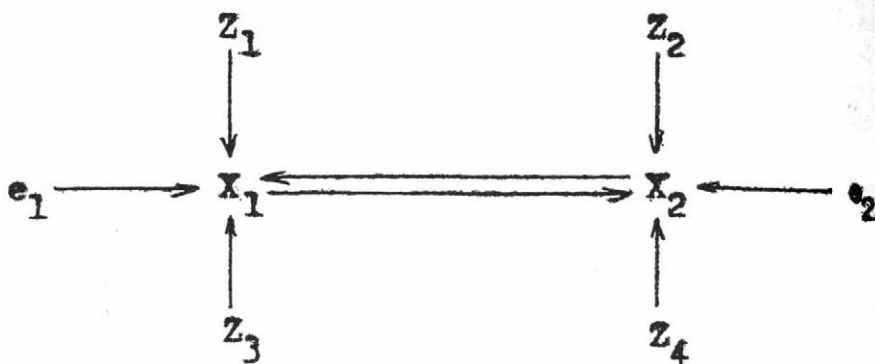
$$\begin{aligned} (2.1) \quad X_1 &= \alpha_1 + \beta_{12}X_2 + \gamma_{11}Z_1 + \gamma_{12}Z_2 + \beta_{13}Z_3 + e_1 \\ (2.2) \quad X_2 &= \alpha_2 + \beta_{21}X_1 + \gamma_{21}Z_1 + \gamma_{22}Z_2 + \gamma_{24}Z_4 + e_2 \end{aligned}$$

Aj tu platí, že zavedenie jednej novej  $Z_1$  do modelu nerieši problém identifikovateľnosti oboch rovníc a že obe nové exogénne premenné ( $Z_3$  a  $Z_4$ ) sa nesmú naraz vyskytovať v oboch rovniciach. Za týchto podmienok sú obe rovnice rozšíreného modelu presne identifikované. Model obsahuje 6 explicitných premenných (4 exogénne a 2 endogénne) a každá rovnica iba 5 z nich, čiže spĺňa požiadavku vylúčenia práve  $k - 1 = 1$  premennej tak z rovnice (2.1), ako aj z rovnice (2.2). Obe rovnice tiež neobsahujú identickú kombináciu premenných: v rovnici (2.1) sa nevyskytuje  $Z_4$  a v rovnici (2.2) zasa  $Z_3$ .

Ak by sme model rozšírili iba o jednu exogénnu premennú — buď o  $Z_3$  alebo o  $Z_4$  — za predpokladu, že pôsobí tak na  $X_1$ , ako i na  $X_2$ , obe rovnice by boli podidentifikované a ich parametre by teda nebolo možné určiť na základe empiricky získaných údajov. Za predpokladu, že jedna nová exogénna premenná by pôsobila iba na jednu endogénnu, rovnica, v ktorej by sa táto nová premenná vyskytovala, by bola podidentifikovaná a rovnica, v ktorej by sa nevyskytovala, by bola presne identifikovaná. Napokon, ak by obe nové exogénne premenné kauzálné podmieňovali obe endogénne premenné, obidve rovnice by boli nevyhnutne podidentifikované. Model by bolo treba znovu rozšíriť o dve ďalšie exogénne premenné (napr.  $Z_5$  a  $Z_6$ ), z ktorých každá by ovplyvňovala iba jednu endogénnu premennú.

Osobite si treba všimnúť ešte jeden dôležitý variant. Ak by sme mali model (porov. schému 3), v ktorom  $Z_1$  a  $Z_3$  kauzálné podmieňujú iba endogénnu premennú  $X_1$  na jednej strane a  $Z_2$  a  $Z_4$  zasa iba endogénnu premennú  $X_2$  na strane druhej, obe rovnice by boli preidentifikované. Z každej z nich by bolo totiž vylúčené pôsobenie dvoch premenných: z rovnice (3.1) pôsobenie  $Z_2$  a  $Z_4$  a z rovnice (3.2) zasa pôsobenie  $Z_1$  a  $Z_3$ . A to je viac než požiadavka vylúčenia  $k - 1 = 1$  premennej z každej

Schéma 3



rovnice. Model totiž obsahuje 6 explicitných premenných, no každá rovnice iba 4 z nich.

$$\begin{aligned}
 (3.1) \quad X_1 &= \alpha_1 + \beta_{12}X_2 + \gamma_{11}Z_1 + \gamma_{13}Z_3 + e_1 \\
 (3.2) \quad X_2 &= \alpha_2 + \beta_{21}X_1 + \gamma_{22}Z_2 + \gamma_{24}Z_4 + e_2
 \end{aligned}$$

Preidentifikované rovnice sú však z istého hľadiska veľmi výhodné — umožňujú testovanie modelu. Predpoklady o neexistencii kauzálneho vzťahu medzi exogénnymi a endogénnymi premennými (v danom prípade  $\gamma_{12} = \gamma_{14} = \gamma_{21} = \gamma_{23} = 0$ ) alebo medzi endogénnymi premennými navzájom (s čím sa však v danom modeli nestretáme) možno konfrontovať s empiricky zistenými údajmi, resp. príslušnými parametrami vypočítanými na základe týchto údajov a zistiť, či sa model empirickými údajmi potvrdzuje, alebo nie. Vzťahy medzi exogénnymi premennými navzájom neprichádzajú do úvahy na testovanie modelu, lebo sa ním nevysvetľujú.

Pri overovaní identifikovateľnosti štruktúrnych rovníc v zložitejších modeloch s väčším počtom premenných treba postupovať analogicky. Problém identifikovateľnosti štruktúrnej rovnice vyžaduje, aby kauzálny model obsahoval dostatočný počet exogénnych premenných. Pritom však treba predpokladať i dostatočný počet takých prípadov, v ktorých neexistujú kauzálne súvislosti ani medzi exogénnymi a endogénnymi premennými, ani medzi endogénnymi premennými navzájom. Donekonečna totiž model nemožno rozširovať a model s väčším počtom obojsmerných súvislostí medzi všetkými endogénnymi veličinami by vyžadoval práve príliš veľký počet exogénnych premenných. Z tohto dôvodu v nerekurzívnych systémoch treba predpokladať a samozrejme i teoreticky zdôvodniť a empiricky potvrdiť, že vzájomné vzťahy existujú iba medzi niektorými endogénnymi premennými a že v iných prípadoch medzi endogénnymi premennými existujú iba vzťahy jednosmerné alebo neexistujú nijaké. Predpoklad, že by všetky zložky kauzálneho modelu medzi sebou súviseli (presnejšie, že by všetky exogénne premenné podmienovali všetky endogénne a všetky endogénne medzi sebou súviseli obojsmerne), je jedným zo znakov teoretickej nedopracovanosti kauzálneho modelu.

Rozširovanie a zužovanie kauzálneho modelu má napokon i praktické limitácie. Vždy je ľahšie zužovať kauzálny model: povedzme na základe teoretického zdôvodnenia alebo preto, lebo dajakú súvislosť nepotvrdzujú empirické údaje. Rozširovanie kauzálneho modelu je prakticky možné len v rámci tých exogénnych premenných, ktoré sa v danom prípade empiricky sledovali. Inak nemožno hodnotiť príslušné

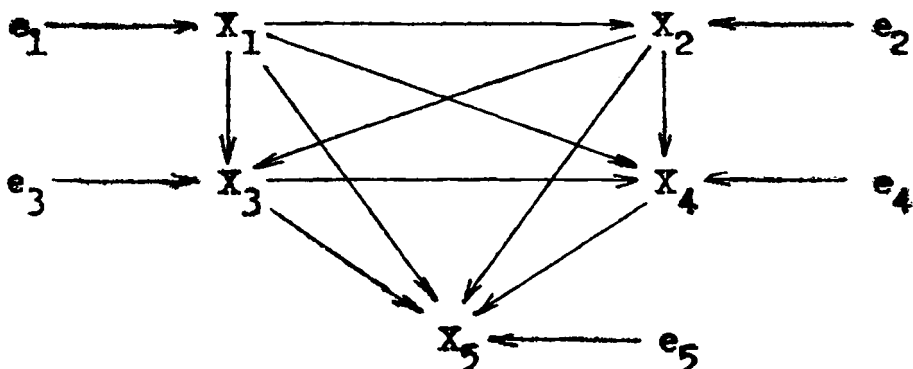
parametre — nie sú k dispozícii potrebné vstupné údaje modelu. Ak sa vynorí potreba obohatiť model o také premenné, ktoré sa doposiaľ nesledovali i empiricky, treba koncipovať nový, širší výskum. I z toho vidno, že na dopracovanosť kauzálnej hypotézy sa kladú pomerne vysoké nároky.

## 5. Identifikovateľnosť v rekurzívnych systémoch

V rekurzívnych systémoch možno predpokladať iba jednosmerné lineárne a aditívne kauzálne vzťahy medzi zložkami modelu. Problém identifikácie tu má tú istú podstatu, ale niektoré osobitné črty. Identifikovateľnosť štruktúrnych rovníc rekurzívneho systému nemožno preverovať bezprostredne na základe rádovej a hodnotnej podmienky. Vyžaduje iné, konkretizované kritériá.

Výstižne to možno ilustrovať na príklade *úplného* rekurzívneho systému. Úplný rekurzívny systém obsahuje všetky teoreticky možné jednosmerné kauzálne vzťahy medzi zložkami modelu. Predpokladajme hypotetický úplný rekurzívny systém s 5 zložkami: s jednou exogénnou premennou  $X_1$ , a štyrmi endogénnymi premennými  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  a  $X_5$  (porov. schému 4). V zmysle rádovej podmienky by z každej

Schéma 4



rovnice malo byť vylúčené pôsobenie prinaajmenšom 3 premenných ( $k = 4, k - 1 = 3$ ). Presne identifikovaná rovnica teda môže obsahovať iba dve premenné (model má spolu 5 explicitných premenných). Na prvý pohľad vidno, že v sústave štruktúrnych rovníc (4.1)–(4.4)

$$(4.1) \quad X_2 = \beta_{21}X_1 + e_2$$

$$(4.2) \quad X_3 = \beta_{31}X_1 + \beta_{32}X_2 + e_3$$

$$(4.3) \quad X_4 = \beta_{41}X_1 + \beta_{42}X_2 + \beta_{43}X_3 + e_4$$

$$(4.4) \quad X_5 = \beta_{51}X_1 + \beta_{52}X_2 + \beta_{53}X_3 + \beta_{54}X_4 + e_5$$

túto požiadavku spĺňa iba rovnica (4.1) a zvyšujúce rovnice už nie. Okrem toho každá ďalšia rovnica obsahuje všetky predchádzajúce premenné: rovnica pre  $X_2$  obsahuje  $X_1$ , rovnica pre  $X_3$  obsahuje tak  $X_1$ , ako aj  $X_2$ , rovnica pre  $X_4$  obsahuje  $X_1$ ,  $X_2$  aj  $X_3$  a pod. Zdalo by sa teda, že úplný rekurzívny systém je neidentifikovateľný.

Identifikovateľnosť rovníc i celého modelu tu však závisí na *dvoch osobitných* podmienkach. Prvou z nich je podmienka, aby *polovica štruktúrnych parametrov sa rovnala nule*. Druhou podmienkou sa vyžaduje *vzájomná nekorelovanosť implicitných činiteľov*.

Prvá podmienka vyplýva priamo z predpokladov rekurzívneho systému. Jedným z nich sa zdôvodňuje jednosmernosť kauzálnych súvislostí, t. j. vylúčenie vzájomného pôsobenia medzi jednotlivými premennými. V rekurzívnom systéme môže premenená  $X_1$  kauzálne podmieňovať premennú  $X_2$ , ale  $X_2$  už nesmie spätne pôsobiť na  $X_1$ . Preto i parameter  $\beta_{21}$  bude rôzny od nuly, kým parameter  $\beta_{12}$  sa zasa má rovnať nule. V úplnom rekurzívnom systéme sa preto musí rovnať nule presne polovica štruktúrnych parametrov.

Parametre sústavy rovníc úplného rekurzívneho systému možno vyjadriť aj v podobe matice, napr. matice **B** [Hušek—Walter 1976 : 185]. Matica **B** pre model na schéme 4 bude mať podobu:

$$\mathbf{B} = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{31} & \beta_{32} & 1 & 0 & 0 \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & 1 & 0 \\ \beta_{51} & \beta_{52} & \beta_{53} & \beta_{54} & 1 \end{Bmatrix}$$

Matica štruktúrnych parametrov rekurzívneho systému je teda trojuholníková matica s nulovými prvkami nad hlavnou diagonálou.

Ak by sa nad hlavnou diagonálou vyskytli dajaké nenulové prvky, znamenalo by to, že model nemá rekurzívny charakter. Na druhej strane, ak by sa nulové prvky vyskytli pod hlavnou diagonálou, to by zasa znamenalo, že sa nejedná o úplný rekurzívny systém, ale o taký rekurzívny systém, v ktorom neexistujú dajaké z teoreticky možných jednosmerných kauzálnych vzťahov medzi zložkami modelu. Keďže jednotlivé riadky a stĺpce matice zodpovedajú jednotlivým premenným veličinám, jednotky v hlavnej diagonále matice označujú iba to, že súvislosť každej premennej so sebou samou sa rovná jedna.

Druhá podmienka (vzájomná nekorelovanosť implicitných činiteľov) je zložitejšia. V úplnom rekurzívnom systéme musí platiť, že  $E(e_i, e_j) = 0$  pre všetky  $i \neq j$ . Inými slovami to znamená, že zavádzame matematické očakávania ( $E$ ), v zmysle ktorých nijaká zo všetkých možných dvojíc implicitných činiteľov nevykazuje nenulovú koreláciu. Implicitné činitele nesmú vzájomne korelovať (alebo — čo je to isté — implicitný činiteľ napr. premennej  $X_1$ , t. j.  $e_1$ , nesmie korelovať s premennou  $X_2$  atď.), lebo v opačnom prípade nemožno v statickej formulácii modelu „vyčleniť“ kvantitatívny podiel jednotlivých premenných na sledovanej závislosti s endogénnou premennou a rovnice sa stávajú podidentifikované.

Tento predpoklad analyzoval už H. A. Simon [Simon 1971 : 10—16]. Dokázal, že aj v najjednoduchšom modeli s dvoma, resp. tromi premennými možno z empiricky zistenej korelácie usudzovať na kauzálnu závislosť iba vtedy, ak možno zdôvodniť časovú následnosť premenných a ak ich implicitné činitele navzájom nekorelujú. Širšie túto problematiku rozvinul R. Boudon. Dokázal, že koeficienty (štruktúrne parametre) sú identifikovateľné len vtedy, ak nemožno nájsť dajakú nediagonálnu maticu **P**, pri ktorej by **PA** mala štruktúru identickú s maticou **A** zodpovedajúcou príslušnému kauzálnemu modelu. Nevyhnutnou podmienkou identifikovateľnosti koeficientov (v tomto prípade koeficientov závislosti) je v rekurzívnom systéme nekorelovanosť implicitných činiteľov [Boudon 1971 : 251 an.].

V tejto súvislosti treba pripomenúť, že daný predpoklad musí čiastočne platiť aj v nerekurzívnych systémoch. Jednou z ich požiadaviek totiž je, aby vzťahy medzi exogénnymi a endogénnymi veličinami boli vždy jednosmerné. Z toho vyplýva, že implicitné činitele exogénnych premenných nesmú korelovať s implicitnými činiteľmi endogénnych alebo s endogénnymi premennými samými. Pre vzťah medzi endo-

gennými veličinami navzájom už táto podmienka nemusí platiť — pri obojsmernom kauzálnom vzťahu dvoch endogénnych premenných budú zrejme korelovať aj ich implicitné činitele. A to v takomto prípade neznemožňuje identifikáciu príslušných parametrov.

Predpoklad vzájomnej nekorelovanosti implicitných činiteľov má pre problém identifikácie rekurzívnych systémov zásadný význam. O vzájomnom vzťahu implicitných činiteľov treba *vždy* vysloviť isté predpoklady. Najčastejšie je to uvedený predpoklad o nekorelovanosti. Možno ho však iba zdôvodniť, ale nie empiricky potvrdiť. Je to tak preto, lebo implicitné činitele sa v danom modeli nemerajú a teda nie sú k dispozícii ani empiricky zistiteľné hodnoty ich korelačných alebo regresných koeficientov. Preto tu osobitný význam nadobúda teoretické zdôvodnenie tejto otázky v každom konkrétnom modeli.

V kauzálnnej analýze môžu nastať aj situácie, ktoré si vyžadujú vyslovenie *iných* predpokladov o vzťahu implicitných činiteľov. Predpoklad ich vzájomnej nekorelovanosti nemusí byť vždy realistický. Situácia nie je beznádejná vtedy, ak odkryjeme a zmeriame spoločné faktory implicitných činiteľov a explicitne ich zavedieme do rovníc ako dodatkové premenné [Blalock 1975 : 446]. Toto riešenie teda spočíva v odkrytí ďalšieho faktora, ktorý spôsobuje koreláciu medzi pôvodnými implicitnými činiteľmi, v povýšení pôvodných implicitných činiteľov na explicitné a zavedení nových implicitných činiteľov (implicitných činiteľov prislúchajúcich dodatkovým premenným) do modelu. Preto je nevyhnutné model *rozšíriť* o príslušný počet dodatkových premenných veličín a nových implicitných činiteľov. Treba to však urobiť tak, aby pre rozšírený model platil predpoklad o vzájomnej nekorelovanosti (nových) implicitných činiteľov.

Okrem tohto všeobecného prípadu môžu nastať ešte dva dôležité špeciálne prípady. V prvom z nich sú niektoré premenné presnou lineárnou funkciou (iba a len) iných explicitných premenných, takže ich rovnice nebudú obsahovať implicitné činitele a nemožno formulovať ani predpoklady týkajúce sa vzťahu implicitných činiteľov. Môže to byť napr. vtedy, ak zdôvodnene predpokladáme, že implicitné činitele vyjadrujú chyby, ku ktorým dochádza pri meraní veličín, a ak dané premenné meriame s nulovou (zanedbateľnou) chybou. Druhý prípad je menej extrémny. Vzniká vtedy, keď korelácie (exogénnych) premenných vykazujú nad očakávanie vysoké hodnoty (nad 0,8 alebo 0,9). To je situácia, ktorá vedie ku vzniku problému multikolinearity. V danom prípade síce možno parametre identifikovať, ale ich hodnotenie už bude prakticky málo užitočné. Východiskom môže byť zavedenie novej exogénnej premennej do modelu za presne určených podmienok [porov. Blalock 1975 : 506—507; Hušek—Walter 1976 : 108 an.].

*Úplný* rekurzívny systém, ktorý spĺňa obe podmienky (t. j. presne polovica parametrov sa rovná nule a implicitné činitele vzájomne nekorelujú) je *presne identifikovaný*.

V kauzálnnej analýze však pracujeme nielen s úplnými rekurzívnymi systémami. Zväčša budujeme modely, v ktorých z viacerých dôvodov nepredpokladáme všetky teoreticky možné jednosmerné kauzálne vzťahy medzi zložkami modelu. V neúplných rekurzívnych systémoch skutočný počet predpokladaných kauzálnych vzťahov je teda *menší* než ich teoreticky možný počet, ktorý sa pri  $n$  prvkoch rovná  $n \cdot (n - 1) : 2$ .

*Neúplné* rekurzívne systémy sa vyznačujú *preidentifikovanosťou* sústavy rovníc. Možno v nich totiž utvoriť viac rovníc, než je nevyhnutné na hodnotenie hľadaných parametrov. Tak síce možno získať viac hodnotení niektorého (niektorých) parametra z viacerých rovníc, pričom treba očakávať, že hodnotenia budú rôzne, ale na druhej

strane to má i svoje výhody. *Nadbytočné* (redundantné) rovnice možno použiť predovšetkým na *testovanie* modelu.<sup>(7)</sup> Či sa model empirickými údajmi potvrdzuje, alebo nepotvrdzuje (čiastočne, úplne), možno zistiť iba na základe preidentifikovaných sústav rovníc.<sup>(8)</sup> Presne identifikované modely v tomto zmysle testovať nemožno. Na rozdiel od neúplných rekurzívnych systémov tu nie je k dispozícii také presné a vopred stanoviteľné kritérium (vari s výnimkou odhadu znamienka parametrov), ako je predpoklad o tom, že parametre, ktoré prislúchajú premenným *bez kauzálneho vzťahu*, by sa mali rovnať alebo veľmi blížili k nule.

V neúplnom rekurzívnom systéme možno do istej miery modifikovať predpoklad o vzájomnej nekorelovanosti všetkých implicitných činiteľov. Možno ho zmierniť v tom zmysle, že implicitné činitele nekorelujú s tými premennými (alebo s ich implicitnými činiteľmi), s ktorými vstupujú do ktorejkoľvek lineárnej kombinácie [Blalock 1969 : 49; Štěpánek 1970 : 59]. Inými slovami, implicitné činitele nesmú korelovať iba s tými premennými, s ktorými sa spolu nachádzajú v hociktovej z rovníc modelu.

## 6. Identifikovateľnosť v blokovo-rekurzívnych systémoch

Blokovo-rekurzívny systém je v podstate sústava blokov premenných veličín. Vo vnútri týchto blokov môžu existovať tak jednosmerné, ako aj obojsmerné kauzálne vzťahy. Bloky samy osebe môžu byť (parciálnymi) rekurzívnymi alebo nerekurzívnymi modelmi. Základnou požiadavkou pritom však je, aby vzťahy medzi jednotlivými blokmi boli vždy jednosmerné. Blokovo-rekurzívny systém môže napr. tvoriť *n* nerekurzívnych modelov (alebo blokov, v ktorých existujú obojsmerné kauzálne vzťahy), ktoré sú však ako celky spojené iba jednosmernými kauzálnymi vzťahmi.

Charakter takéhoto systému podmieňuje aj požiadavky na identifikáciu. *Vo vnútri* jednotlivých blokov závisia od toho, či tam existujú aj obojsmerné vzťahy. V takomto prípade platia podmienky pre previerku identifikovateľnosti v nerekurzívných systémoch a vyžaduje sa najmä dostatočný počet exogénnych premenných pre daný blok. Ak vo vnútri bloku možno predpokladať iba jednosmerné kauzálne vzťahy, platia samozrejme požiadavky pre identifikáciu rekurzívnych systémov. Tieto požiadavky však treba uplatňovať aj na kauzálne vzťahy *medzi* jednotlivými blokmi. Už sme uviedli, že môžu byť iba jednosmerné. Preto ani implicitné činitele premenných z jedného bloku nesmú korelovať s implicitnými činiteľmi premenných z iného bloku. Ak sa za určitých podmienok podarí každý blok reprezentovať jednou premennou veličinou (napr. dajakým indexom), blokovo-rekurzívny systém sa stáva rekurzívnym a obsahuje taký počet (všeobecných, agregovaných) premenných, ktorý sa rovná počtu pôvodných blokov. Tu už implicitné činitele opäť nesmú vzájomne korelovať.

Problém identifikovateľnosti v blokovo-rekurzívnych modeloch však má ešte i niektoré špecifické stránky [Blalock 1975 : 528—530; Pirogov—Fedorovskij 1979 : 231—235], ktorých ilustrovanie presahuje možnosti tejto štúdie. V stručnosti treba uviesť, že identifikovateľnosť rovníc takéhoto modelu sa v podstate komplikuje tým, že i endogénne premenné z dajakého bloku *j* možno považovať za exogénne premenné

(7) Rozhodnutie o tom, ktoré rovnice preidentifikovanej sústavy sú nadbytočné, nie je jednoduchá záležitosť a spája sa s celým radom ďalších problémov [Blalock 1975; Boudon 1971].

(8) Testovanie modelu závisí od použitej metódy kauzálnej analýzy. Napr. v Simonovej—Blalockovej metóde sa predpoklady o rovnosti parametrov nule (presnejšie približne nule, lebo pri meraní dochádza k chybám) testujú na základe tzv. predikčných rovníc parciálnymi korelačnými koeficientami príslušného rádu, v *path* analýze a analýze závislosti zasa zodpovedajúcimi modelovými rovnicami a pod.

vzhľadom na bloky  $j + 1$ ,  $j + 2$  až  $j + k$ . Platí to teda pre ktorýkoľvek blok nasledujúci za blokom  $j$ .

K problematike blokovo-rekurzívnych systémov treba uviesť ešte jednu poznámku. Podnetnosť tohto prístupu je nepochybná. Viedla však H. M. Blalocka, ktorý ideu blokovo-rekurzívnych modelov uviedol do záujmového poľa sociológov, až k tomu, že neoprávnene zveličil jeho možnosti pri budovaní sociologickej teórie [Osipov — Andrejčikov 1974 : 170]. Sociologickú teóriu skutočne nemožno budovať iba spájaním jednotlivých parciálnych modelov do čoraz širšieho blokovo-rekurzívneho modelu, induktívnym rozširovaním a spájaním „malých“ deduktívnych teórií [Blalock 1969].

## 7. Meritórny príklad

Na ilustráciu niektorých dôležitých stránok matematického problému identifikácie uvádzame aj meritórny príklad. Opiera sa o teoretický model z výskumu politického vzdelávania SZM. Model vypracoval V. Krivý [Krivý — Schenk 1976]. Keďže v čase výskumu sa nerátalo s uskutočnením kauzálnej analýzy tohto typu, pôvodnú verziu modelu bolo treba vzhľadom na potreby tejto štúdie čiastočne modifikovať. Zmeny však nemajú zásadný charakter. Treba pripomenúť, že týmto príkladom sledujeme iba problém, ktorý je v centre pozornosti. Rozsah a zameranie štúdie dovoľujú ostatné otázky buď len stručne naznačiť alebo nútiť nechať ich (napr. hodnotenie parametrov a testovanie modelu) celkom bokom.

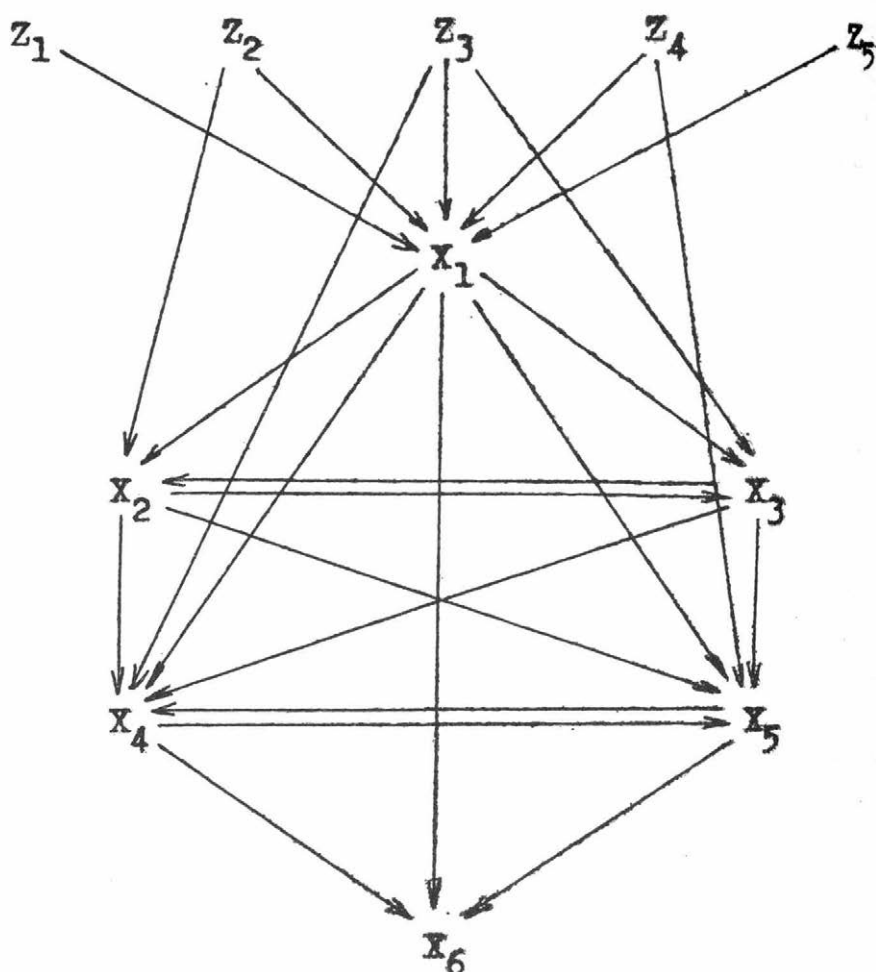
Politické vzdelávanie SZM je osobitnou formou ideovovýchovného pôsobenia. V tomto zmysle je to proces, ktorý možno a treba situovať medzi dva póly — pól emitorský a pól akceptorský (poslucháči vzdelávania). So zreteľom na oba póly možno tento proces sledovať a modelovať. Vzhľadom na rôzne okolnosti možno voliť i parciálne pohľady a tak redukovat komplexnosť problému. V uvedenom výskume sa pozornosť koncentrovala na pól akceptorský s tým, že výskumnou úlohou bolo zistiť, ako poslucháči politického vzdelávania hodnotia tento proces a jeho zložky. V tomto zmysle bol vybudovaný teoretický model procesu politického vzdelávania. Jeho zložky zodpovedali tým prvkom skúmaného procesu, ktoré sú podstatné z hľadiska výskumného zámeru. Ako indikátory úrovne zložiek modelu slúžili hodnotenia samých poslucháčov vzdelávania. Hodnotenia zvolených stimulov, ktoré reprezentovali jednotlivé zložky modelu, sa snímkovali osobitnou napäťovou škálou a merali koeficientami konfrontačného napätia [Hirner a kol. 1973]. Výsledkom merania boli intervalové znaky. Výskumné skúsenosti ukazujú, že použitá metodika poskytuje primerane kvalitné empirické informácie.

Kauzálnu hypotézu (teoretický model) možno zobrazit kauzálnou schémou (schéma 5). Model obsahuje 11 zložiek. Z toho je 5 exogénnych premenných ( $Z_1$  — výber tém vzdelávania,  $Z_2$  — úroveň lektorov,  $Z_3$  — stupeň novosti odovzdávaných poznatkov,  $Z_4$  — forma politického vzdelávania a  $Z_5$  — úroveň socialistického presvedčenia poslucháčov) a 6 endogénnych premenných ( $X_1$  — záujem poslucháčov o politické vzdelávanie,  $X_2$  — úroveň kontaktu s lektorom,  $X_3$  — úroveň aktivity poslucháčov na vzdelávaní,  $X_4$  — úroveň zvyšovania vedomostí vzdelávaním,  $X_5$  — úroveň vnútorného osvojenia si odovzdávaných poznatkov a názorov a  $X_6$  — úroveň socialistického presvedčenia poslucháčov).<sup>(9)</sup>

Z kauzálnej schémy vidno, že model má vlastne štyri úrovne. Na prvej sú skutočnosti, ktoré poslucháči sami nemôžu ovplyvňovať ( $Z_1$  až  $Z_4$ ) alebo s ktorými vstupujú

<sup>(9)</sup> Pre zvýšenie prehľadnosti sú z kauzálnej schémy vynechané implicitné činitele endogénnych premenných. V sústave rovníc (5.1) až (5.6) sa však už v plnej miere rešpektujú.

Schéma 5



do vzdelávania ako s danosťami ( $Z_5$ ). Preto tieto zložky modelu sú exogénne premenné.

Podľa kauzálnej hypotézy má kľúčovú úlohu v modeli záujem poslucháčov o vzdelávanie ( $X_1$ ). Cez neho (2. úroveň) sa transformuje pôsobenie exogénnych premenných na endogénne premenné tretej a štvrtej úrovne. Výnimkou sú iba štyri priame vzťahy medzi exogénnymi a endogénnymi veličinami, t. j. okrem nepriameho vzťahu cez  $X_1$  aj priame kauzálne vzťahy medzi  $Z_2$  a  $X_2$ , medzi  $Z_3$  a  $X_3$ , medzi  $Z_4$  a  $X_4$  a napokon medzi  $Z_5$  a  $X_5$ . Ako uvidíme, vyžaduje si ich práve identifikovateľnosť rovníc.

Tretia úroveň modelu reprezentuje priebeh politického vzdelávania ( $X_2$  a  $X_3$ ). Štvrtá, posledná úroveň ( $X_4$ ,  $X_5$  a  $X_6$ ) zasa jeho výsledky na akceptorskom póle. Vzdelávanie smeruje ku zvýšeniu a upevneniu úrovne socialistického presvedčenia poslucháčov. Socialistické presvedčenie poslucháčov sa tak stáva nielen jedným

z východísk, ale aj jedným z cieľov celého procesu. Z toho vyplýva i situovanie príslúchajúcich premenných veličín do modelu. Úroveň socialistického presvedčenia poslucháčov tu vystupuje dvakrát — raz ako exogénna premenná, resp. ako endogénna premenná meraná v čase  $t - 1$  (predpokladáme, že čas  $t$  je časom konania výskumu) a raz ako vlastná endogénna premenná (výsledok vzdelávania).

Keďže model obsahuje 6 endogénnych premenných, sústava štruktúrnych rovníc, do ktorej ho treba transformovať, musí tiež obsahovať 6 rovníc na ich hodnotenie. Je to sústava (5.1) až (5.6):

$$(5.1) \quad X_1 = \gamma_{11}Z_1 + \gamma_{12}Z_2 + \gamma_{13}Z_3 + \gamma_{14}Z_4 + \gamma_{15}Z_5 + e_1$$

$$(5.2) \quad X_2 = \beta_{21}X_1 + \beta_{23}X_3 + \gamma_{22}Z_2 + e_2$$

$$(5.3) \quad X_3 = \beta_{31}X_1 + \beta_{32}X_2 + \gamma_{33}Z_3 + e_3$$

$$(5.4) \quad X_4 = \beta_{41}X_1 + \beta_{42}X_2 + \beta_{43}X_3 + \beta_{45}X_5 + \gamma_{43}Z_3 + e_4$$

$$(5.5) \quad X_5 = \beta_{51}X_1 + \beta_{52}X_2 + \beta_{53}X_3 + \beta_{54}X_4 + \gamma_{54}Z_4 + e_5$$

$$(5.6) \quad X_6 = \beta_{61}X_1 + \beta_{64}X_4 + \beta_{65}X_5 + e_6$$

Pri overovaní identifikovateľnosti jednotlivých rovníc tohto nerekurzívneho modelu treba použiť rádovú a hodnotnú podmienku. V zmysle rádovej podmienky je zrejmé, že presne identifikovaná rovnica musí obsahovať 6 explicitných premenných veličín (model má 11 explicitných premenných, z čoho je 6 endogénnych, t. j.  $k = 6$ ; z každej rovnice treba vynechať prinajmenšom  $k - 1 = 5$  premenných, preto presne identifikovaná rovnica musí mať presne  $11 - 5 = 6$  premenných), preidentifikovaná rovnica 5 a menej, kým podidentifikovaná zasa 7 a viac premenných veličín. Vidno, že všetky rovnice sústavy (5.1) až (5.6) sú identifikovateľné. Pritom rovnice (5.1), (5.4) a (5.5) sú presne identifikované a rovnice (5.2), (5.3) a (5.6) sú preidentifikované.

K presne identifikovaným rovniciam už nemožno pridať nijaký parameter (predpokladať ďalší kauzálny vzťah), lebo tak by sa stali podidentifikovanými. Bolo by to možné urobiť iba vtedy, ak by empirický test modelu ukázal, že daktorý predpokladaný vzťah sa empirickými údajmi nepotvrďuje a kauzálnu štruktúru treba modifikovať. Z takého istého dôvodu tiež nemožno predpokladať obojsmerný kauzálny vzťah medzi  $X_1$  a  $X_6$ , ale túto meritorne nepochybnú súvislosť treba riešiť zavedením exogénnej premennej  $Z_5$ .<sup>(10)</sup>

Štyri preidentifikované rovnice umožňujú test modelu. V tomto modeli je teoreticky možné predpokladať 60 priamych kauzálnych vzťahov medzi exogénnymi a endogénnymi premennými, ako aj medzi endogénnymi premennými navzájom. Sústava rovníc obsahuje iba 24 z nich (24 parametrov). Testovať teda možno zvyš-

<sup>(10)</sup> Zavedenie exogénnej premennej  $Z_5$  do modelu má viacero funkcií. Umožňuje nielen rozlíšiť hodnoty premennej veličiny, úroveň socialistického presvedčenia v čase  $t$  a  $t - 1$ , ale aj (aspoň čiastočne) zdôvodniť odhliadanie od iných možných vplyvov. Je totiž zrejmé, že úroveň socialistického presvedčenia sa u poslucháčov politického vzdelávania SZM ani zďaleka neutvára iba pod vplyvom tohto procesu. Iné vplyvy však treba prípustnými spôsobmi izolovať. Bez takejto abstrakcie nie je možné skúmať kauzálny vzťah.

V tomto zmysle je exogénna premenná  $Z_5$  veľmi výhodná. Ak sa ju podarí zmerať v čase  $t - 1$ , vystupuje ako danosť, s ktorou poslucháči vstupujú do vzdelávacieho procesu. Porovnaním hodnôt  $Z_5$  s hodnotami  $X_6$  nameranými v čase  $t$  (po absolvovaní určitého vzdelávacieho cyklu) možno dostať istú aproximáciu zmeny, ktorá nastala v úrovni socialistického presvedčenia poslucháčov pod vplyvom vlastného politického vzdelávania.

Vedome tu nehovoríme o účinnosti, i keď sa na účinnosť skúmaných procesov v sociologických výskumoch často usudzuje aj z pozícií oveľa menej prepracovaných prístupov. Účinnosť (efektívnosť) je totiž vždy pomer, a to pomer medzi výsledkami a prostriedkami, ktoré bolo treba vynaložiť na ich dosiahnutie. Zatiaľ čo za istých podmienok by sme už boli schopní vyjadriť výsledky tohto procesu (napr. porovnaním hodnôt  $Z_5$  a  $X_6$ ), otázka meritornej identifikácie a merania „prostriedkov“ (v najširšom zmysle) akéhokoľvek pôsobenia ostáva ešte celkom otvorená. Otázok podobného druhu je tu však ešte viac.

ných 36 parametrov, t. j. všetky prípady, kde sa kauzálnou hypotézou nepredpokladá priamy kauzálny vzťah:  $\beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} = \beta_{15} = \beta_{16} = \beta_{24} = \beta_{25} = \beta_{26} = \beta_{34} = \beta_{35} = \beta_{36} = \beta_{46} = \beta_{56} = \beta_{62} = \beta_{63} = \gamma_{21} = \gamma_{23} = \gamma_{24} = \gamma_{25} = \gamma_{31} = \gamma_{32} = \gamma_{34} = \gamma_{35} = \gamma_{41} = \gamma_{42} = \gamma_{44} = \gamma_{45} = \gamma_{51} = \gamma_{52} = \gamma_{53} = \gamma_{55} = \gamma_{61} = \gamma_{62} = \gamma_{63} = \gamma_{64} = \gamma_{65} = 0$ . Empirický test môže poukázať na potrebu modifikovať model. Treba to však urobiť tak, aby modifikovaný model bolo možné teoreticky zdôvodniť a aby spĺňal požiadavky identifikovateľnosti.

Rovnice daného modelu sú identifikovateľne aj v zmysle hodnotnej podmienky. Neobsahujú identickú kombináciu premenných, čo je obzvlášť dôležité pre dvojicu rovníc (5.2) a (5.3) na jednej strane a dvojicu rovníc (5.4) a (5.5) na strane druhej. Vidno, že rovnica (5.2) obsahuje iba premennú  $Z_2$ , kým rovnica (5.3) iba premennú  $Z_3$ . Inak obsahujú rovnaké premenné ( $X_1$ ,  $X_2$  a  $X_3$ ). Obdobne je to v rovniciach (5.4) a (5.5) — líšia sa iba tým, že prvá obsahuje premennú  $Z_3$ , kým druhá len premennú  $Z_4$ . Ak by uvedené exogénne premenné takto nefigurovali v daných rovniciach, rovnice by síce spĺňali rádovú podmienku identifikovateľnosti, ale už by nespĺňali hodnotnú podmienku a v konečnom dôsledku by neboli identifikovateľné.

Po overení identifikovateľnosti rovníc možno pristúpiť k hodnoteniu ich parametrov niektorou z vhodných metód a k verifikácii kauzálného modelu. Z toho vyplynie, či empirické údaje a iné teoretické poznatky potvrdzujú formulovanú kauzálnu hypotézu a aká je sila potvrdených kauzálnych vzťahov v modeli. Získajú sa tak poznatky, ktoré majú nepochybný význam napr. pre optimalizáciu procesu politického vzdelávania. Môžu pomôcť orientovať ideovovýchovnú prácu napr. na tie miesta, ktoré sa na akceptorskom póle skúmaného procesu javia ako citlivejšie, a zároveň zvážiť, ako sa určité zmeny jednej zložky modelu prejavia na iných zložkách. Umožnia napr. zvážiť, či a ako sa zvýšenie záujmu poslucháčov o politické vzdelávanie prejaví na priebehu alebo výsledkoch tohto procesu. V prípade iného bádateľského zámeru by však bolo možné voliť aj iný prístup k interpretácii. Zabezpečenie identifikovateľnosti rovníc kauzálného modelu a jej overenie je nevyhnutným predpokladom pre povýšenie týchto možností na skutočnosť.

## Literatúra

- Andrejenkov, V. G.: *Modeli dlja analiza struktury pričinnych svyazej*. In: Osipov, G. V. a kol.: *Statističeskije metody analiza informacii v sociologičeskich issledovanijach*. Moskva, Nauka 1979, s. 267—282.
- Bestužev-Lada, I. V. — Varygin, V. N. — Malachov, V. A.: *Modelirovanije v sociologičeskich issledovanijach*. Moskva, Nauka 1978, 102 s.
- Blalock, H. M., jr. — Aganbegjan, A. G. — Borodkin F. M. — Boudon, R. — Capecehi, V. (eds.): *Matematika v sociologii. Modelirovanie i obrabotka informacii*. Moskva, Mir 1977, 551 s.
- Blalock, H. M., jr.: *Theory Construction. From Verbal to Mathematical Formulations*. New Jersey, Englewood Cliffs, Prentice-Hall 1969, 180 s.
- Blalock, H. M., jr.: *Simultaneous-Equation Models*. In: Namboodiri, N. K. — Carter, L. F. — Blalock, H. M., jr.: *Applied Multivariate Analysis and Experimental Designs*. New York, McGraw Hill 1975, s. 439—532.
- Boudon, R.: *La crise de la sociologie*. Paris—Genève, Droz 1971, 326 s.
- Černík, V.: *Problém zákona v marxistickej metodológii vied*. Bratislava, Pravda 1977, 395 s.
- Černík, V. — Farkašová, E. — Viceník, J.: *Teória poznania. Úvod do dialektiky ako logiky poznania*. Bratislava, Pravda 1980, 416 s.
- Duncan, O. D.: *Introduction to Structural Equation Models*. New York, Academic Press 1976, 180 s.
- Hirner, A. a kol.: *Sociálna kontrola a problémy jej empirického výskumu. Štúdie a materiály 19*. Bratislava, ČSVÚP 1973, 165 s.
- Hušek, R. — Walter, J.: *Ekonometrie*. Praha, SNTL 1976.
- Koopmans, T. C.: *Identification Problem in Economic Model Construction*. In: Blalock, H. M. jr. (ed.): *Causal Models in the Social Sciences*. Chicago—New York, Aldine—Atherton 1971, s. 159—178.

- Krivý, V.—Schenk, J.: *Hodnotenie politického vzdelávania SZM jeho poslucháčmi*. Výskumná správa. Bratislava, SÚV SZM 1976, 55.
- Naletov, I. Z.: *Příčinnost i teorie poznání*. Moskva. Mysl 1975, 205 s.
- Osipov, G. V.—Andrejkenov, V. G.: *Empirické obosrovanije gipotez v sociologičeskich issledovanijach*. In: Sociologičeskije issledovanija 1, 1974, č. 1, s. 160—172.
- Osipov, G. V.—Andrejev, E. P.: *Metody izmerenija v sociologii*. Moskva, Nauka 1977, 180 s.
- Pirogov, G. G.—Fedorovskij, J. P.: *Problémy strukturnogo ocenivanija v ekonometriji*. Moskva, Statistika 1979, 328 s.
- Schenk, J.: *Rekurzivny system v kauzálnej analýze*. In: Sociológia, 11, 1979, č. 4, s. 355—366.
- Simon, H. A.: *Spurious Correlation. A Causal Interpretation*. In: Blalock, H. M., jr. (ed.): *Causal Models in the Social Sciences*. Chicago—New York, Aldine—Atherton 1971, s. 5—17.
- Štěpánek, P.: „Path analýza“ a možnosti jejího uplatnění v sociologii. In: Sociologický časopis, 6, 1970, č. 1, s. 58—70.
- Wright, S.: *Path Coefficients and Path Regressions: Alternative or Complementary Concepts?* In: Blalock, H. M., jr. (ed.): *Causal Models in the Social Sciences*. Chicago—New York, Aldine—Atherton 1971, s. 101—114.

## Резюме

### Ю. Шенк: Проблема идентификации уравнений каузальной модели

Математическая проблема идентификации возникает в каузальном анализе в качестве проблемы определения и проверки условий для оценки искоемых параметров структурных уравнений на основании эмпирически обнаруженных данных. Параметры структурных уравнений можно из эмпирических данных определить только тогда, когда уравнения идентифицируемы (т. е. или точно идентифицированы или же сверхидентифицированы). Недоидентифицированность приводит к неидентифицируемости.

В процессе проверки возможности идентификации в нерекursивных системах надо использовать порядочное (необходимое) и стоимостное (добавочное) условие возможности идентификации. Модели, несоответствующие этим условиям, необходимо модифицировать допускаемыми методами, что бы алгебраически решать отдельные уравнения.

В процессе проверки возможности идентификации в рекурсивных системах необходимо использовать два особых условия: 1. не менее половины структурных параметров должны равняться нулю, 2. имплицитные факторы не должны находиться во взаимной корреляции. Полностью рекурсивные системы точно идентифицированы, в свою очередь нецелные системы сверхидентифицированы. Сверхидентифицированные системы и уравнения во всеобщности позволяют проведение модели. Его результатом является подтверждение или неподтверждение (частичное или полное) модели эмпирическими данными.

При проверке возможности идентификации в блоково-рекурсивных системах особым способом сочетаются принципы обоих вышеотмеченных методов.

Проверка возможности идентификации объясняется с помощью ряда примеров. Среди них находятся как общие гипотетические модели так модель созданная для исследования процесса политического образования.

## Summary

### Schenk J.: Problem of the Identification of Causal Model Equations

In causal analysis, the mathematical problem of identification arises as a problem of specification and verification of conditions for evaluating the unknown parameters of structural equations on the basis of empirically ascertained data. The parameters of structural equations may be established from empirical data only on condition that the equation are identifiable (that is, either exactly identified or overidentified). Underidentification leads to nonidentifiability.

In verifying identifiability in nonrecursive systems it is necessary to apply the order (necessary) and rank (sufficient) conditions of identifiability. Models failing to comply with these conditions must be modified in acceptable ways to make the algebraic solution of individual equations possible.

The verification of identifiability in recursive systems necessitates the application of two specific conditions: 1. at least one half of the structural parameters must be equal to zero, and 2. implicit factors must not be related by correlation. Complete recursive systems are exactly identified, while incomplete systems are overidentified. In general, overidentified systems and equations make it possible to test the model. The result of such testing, is the corroboration or (either partial or complete) non-corroboration of the model by empirical data.

In verifying the identifiability in block-recursive systems, the principles of both the above-mentioned approaches enter into specific relations.

The verification of identifiability is illustrated on a number of examples. These include general hypothetical models, as well as a model elaborated for the purpose of investigating the political-education process.