Podobným způsobem by se daly rozebrat efekty všech ostatních proměnných. Zvláště u modelů určených pro predikci hodnot závislých proměnných je rozbor celkových efektů jednotlivých nezávislých proměnných velmi užitečný.

2.4.1 Wrightova pravidla

Úseková analýza byla Wrightem definována jako obecný postup vytváření a řešení úsekových diagramů. Pokud byl úsekový diagram správným způsobem vytvořen, je možné korelaci (kovarianci) jakékoli dvojice proměnných v diagramu vyjádřit jako sumu složených úseků spojujících v diagramu tyto dvě proměnné. Úsekem se v tomto případě myslí parciální standardizovaný (nestandardizovaný) regresní koeficient nebo koeficient korelace (kovariance) a složeným úsekem se myslí násobek těchto koeficientů pro souvislou cestu vedoucí mezi dvěma proměnnými a obsahující regresní koeficienty nebo korelace (kovariance).

Při tomto způsobu řešení je třeba dodržet určitá pravidla (např. Kenny, 1979; Loehlin, 1987; Maruyama, 1998), která různí autoři uvádějí v různých formulacích a různém počtu. Zde budou uvedena pravidla tak, jak je definuje Loehlin (1987).

1) **Nesmí dojít k průchodu smyčkou.** Toto pravidlo stanoví, že při jakémkoli průchodu od jedné proměnné ke druhé je možné každou z proměnných projít pouze jednou.

2) **Nesmí se jít nejprve po směru a potom proti směru šipky.** Např. na obrázku 2.5 není možné počítat korelaci mezi X_5 a X_6 jako $\beta_{57}\beta_{67} + \beta_{58}\beta_{68}$, ale jako $\beta_{25}\beta_{26}$ (pokud budeme předpokládat, že exogenní proměnné spolu nekorelují). Jednotlivé koeficienty β_{ij} zde označují úsekové (parciální regresní) koeficienty (viz dále). Tento požadavek se může zdát svévolným pouze na první pohled – jde zde totiž pouze o to, aby se proměnné modelu nespojovaly přes společné důsledky, ale přes společné příčiny (podle Loehlina, 1987).

3) **Při každém průchodu složenými úseky je možné projít pouze jedním obloukovým úsekem** (korelací nebo kovariancí).

Protože úsekové diagramy lze použít k reprezentaci i velmi složitých strukturálních modelů, mohou být také Wrightova pravidla vhodným nástrojem např. pro stanovení přijatelných počátečních odhadů strukturálních parametrů modelu. Tato pravidla totiž platí u všech typů strukturálních modelů.

Na tomto místě je vhodné uvést příklad pro ilustraci použití Wrightových pravidel v praxi.

➲ P.2.7 Příklad: Použití Wrightových pravidel pro odvození vzorce parciální korelace

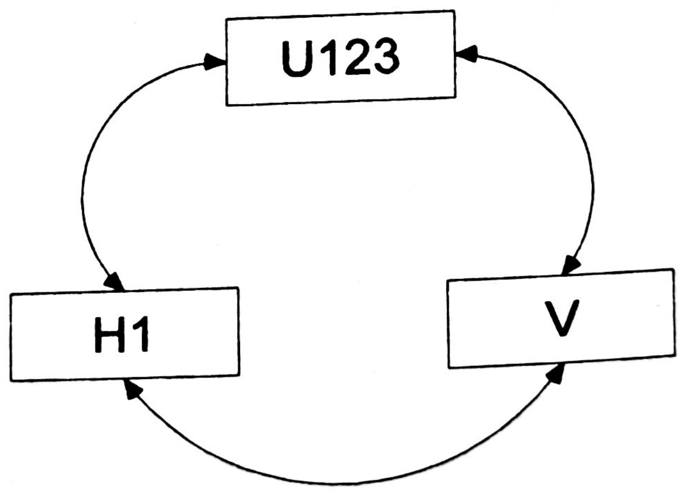
Maruyama (1998) používá Wrightova pravidla pro odvození vzorce koeficientu parciální korelace, který je zásadním indexem pro mnohorozměrnou analýzu intervalových a poměrových proměnných, protože jedině pomocí koeficientů parciální korelace je možné zjistit vztah dvou proměnných „očištěný" od vztahů s jinými proměnnými. Odvození tohoto vzorce může být vhodným příkladem použití těchto pravidel.

Bude použita pouze trojice proměnných (obecnější případ s větším počtem kontrolovaných proměnných je analogický s tímto příkladem). Pro ně se dají vypočítat tři koeficienty korelace, které měří těsnost lineárního vztahu každé dvojice proměnných. Ale libovolná z těchto korelací může být klamná, což znamená, že je způsobena vztahem s další proměnnou (případně proměnnými).

Tuto situaci je možné modelovat pomocí jednoduchého diagramu na obr. P.2.5.

Obr. P.2.5: Korelace tří proměnných

Jsou zde použity tři proměnné – délka první hrany (H1), délka tělesové

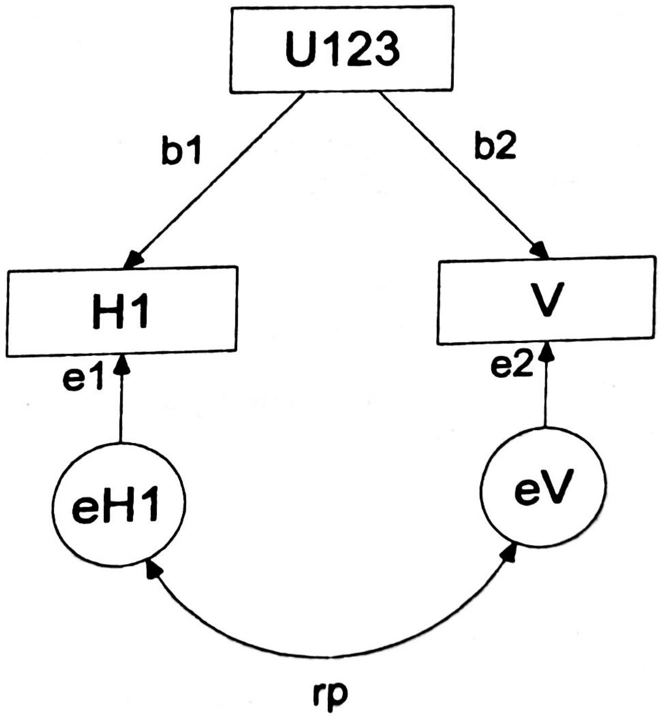


úhlopříčky (U123) a objem kvádru (V). Velikosti těchto korelací nám v tomto konkrétním případě ukazují, že nejtěsnější je vztah proměnných U123 a H1 (r_{U123H1} = 0,846), následuje vztah proměnných U123 a V (r_{U123V} = 0,699) a nejvolnější je vztah proměnných H1 a V (r_{H1V} = 0,482).

Teoreticky lze uvažovat o tom, že tyto posledně jmenované proměnné spolu ve skutečnosti nemají tak těsný vztah, ale že jsou asociovány s délkou tělesové uhlopříčky, která se projevuje stejně tak v délce jeho první hrany jako v jeho objemu. Pak by bylo třeba kontrolovat vliv proměnné U123. Kontrola proměnných se provádí dvojím způsobem – vytvořením a realizací vhodného experimentálního plánu (což je patrně jedna z nejsilnějších metod vědeckého poznání, jaká existuje, ale bohužel není tématem této knihy) nebo statisticky pomocí tzv. parcializace.

Kdybychom tedy chtěli zjistit, jaký je skutečný vztah proměnných H1 a V, museli bychom vypočítat parciální korelaci těchto dvou proměnných při vyloučení vlivu proměnné U123. To znamená, že je nutné předpokládat vliv proměnné U123 na obě proměnné H1 a V (otázkou zde nebude možná kauzální povaha tohoto vztahu, ale čistě technické otázky spojené s odhadem hodnoty parciální korelace). To, co z těchto dvou proměnných není vysvětleno vztahy s proměnnou U123, bude součástí příslušných reziduálních proměnných. A korelace reziduí těchto dvou proměnných představuje právě parciální korelaci proměnných H1 a V při kontrole vlivu proměnné U123. Situaci opět ilustruje úsekový diagram na obr. P.2.6.

Obr. P.2.6: Diagram pro parciální korelaci



Parametr označený v diagramu jako *rp* je tedy ve skutečnosti parciální korelací proměnných H1 a V při kontrole vlivu proměnné U123, která by se tradičně označila jako $r_{H1V.U123}$ (proměnná U123 za tečkou v dolním indexu je ta proměnná, jejíž vliv je kontrolován).

Tento příklad se zabývá odvozením vzorce pro výpočet koeficientu parciální korelace. Z toho důvodu se zde pracuje s korelacemi a standardizovanými regresními koeficienty. Kdyby bylo cílem vypočítat koeficient parciální kovariance, pracovalo by se s kovariancemi a nestandardizovanými regresními koeficienty – vzorce pro vztahy by ale byly naprosto stejné.

Kromě hledané parciální korelace jsou v diagramu označené také dva standardizované regresní koeficienty pro vliv proměnné U123 na proměnné H1 (b1) a V (b2). Na rozdíl od předchozích diagramů není hodnota regresních koeficientů reziduálních proměnných fixována na hodnotu 1 (viz dále), protože je zde třeba vzít je v úvahu.

Důvodem je fakt, že regresní koeficient vlivu reziduální proměnné na původní proměnnou se rovná odmocnině reziduálního rozptylu. Tento reziduální rozptyl se rovná doplňku čtverce mnohonásobného korelačního koeficientu do 1. Protože ale v tomto případě jsou obě proměnné závislé pouze na jedné proměnné, tato mnohonásobná korelace se rovná prosté korelaci dvou proměnných. Platí tedy

$$e1 = \sqrt{\left(1 - r^2_{U123H1}\right)}$$

$$e2 = \sqrt{\left(1 - r^2_{U123V}\right)}$$

Současně platí, že standardizované regresní koeficienty b1 a b2 jsou v tomto případě rovny přímo korelacím. Tzn. platí:

$$b1 = r_{U123H1}$$
$$b2 = r_{U123H2}.$$

Na základě Wrightových pravidel je možné vyjádřit korelaci mezi proměnnými H1 a V následujícím způsobem:

$$r_{H1V} = b_1 b_2 + e_1\, r_{H1V.U123}\, e_2$$

tedy korelace proměnných H1 a V se na základě Wrightových pravidel rovná součtu složeného úseku H1 – U123 – V (jde se nejprve proti směru šipky ke společné příčině V a potom po směru šipky směrem k druhé proměnné, což vede k hodnotě b1b2) a složeného úseku H1 – eH1 – eV – V (opět se jde proti směru šipky, tentokrát k reziduální proměnné eH1, přes korelaci rezidui k druhé reziduální proměnné eV a po směru šipky k proměnné V, což dává hodnotu $e1r_{H1v.U123}e2$). Tento vztah se dá upravit na základě výše uvedených vztahů. Platí

$$r_{H1V} = r_{U123H1} + r_{U123V} + \sqrt{\left(1 - r^2_{U123H1}\right)} \cdot r_{H1V.U123} \cdot \sqrt{\left(1 - r^2_{U123V}\right)}$$

Po úpravě se dojde ke vztahu

− (minus)

$$r_{H1V.U123} = \frac{r_{H1V} + r_{U123H1} \cdot r_{U123V}}{\sqrt{(1 - r^2_{U123H1}) \cdot (1 - r^2_{U123V})}}$$

neboli ke vzorci parciální korelaci proměnných H1 a V při kontrole vlivu proměnné U123. V tomto případě se její hodnota rovná –0,289, což je překvapivé – pokud se zvětší délka první hrany, mírně poklesne hodnota objemu kvádru.

Logika vzorce je poměrně jednoduše pochopitelná (Maruyama, 1998). Nejprve se odstraňuje vliv proměnné projevující se v korelacích, potom se reziduální proměnné upravují zpět na jednotkový rozptyl.