

# Multivariační techniky

---

Strukturální modelování  
Diskriminační analýza

Analýza reliability, analýza položek

# Strukturální modelování

---

- jinak také modelování pomocí strukturálních rovnic, structure equation modeling (SEM)
  - v současnosti rozšířený soubor metod mnohorozměrné analýzy dat
  - postupy strukturálního modelování vychází mimo jiné z tradice regresní a faktorové analýzy
  - více viz Tomáš Urbánek (2000).  
Strukturální modelování v psychologii. PsÚ  
AV ČR, Brno
-

# Latentní a manifestní proměnné

---

- latentní proměnná – v kontextu FA nazývána faktor – proměnná, kterou je nemožné vzhledem k její obecnosti nebo abstraktnosti měřit přímo (intelligence, osobnostní rysy...)
  - na latentní proměnné je usuzováno z proměnných manifestních – přímo měřených proměnných
-

# Latentní a manifestní proměnné

---

- manifestní proměnné nazývány také:
  - indikátory – pro měření 1 latentní proměnné je použito několika manifestních, nebo
  - zástupné proměnné – pro měření latentní proměnné je použita jedna manifestní
  - ve strukturálních modelech se objevují ještě tzv. reziduální proměnné – ty mohou představovat chyby měření nebo odhadu na základě strukturálních rovnic
-

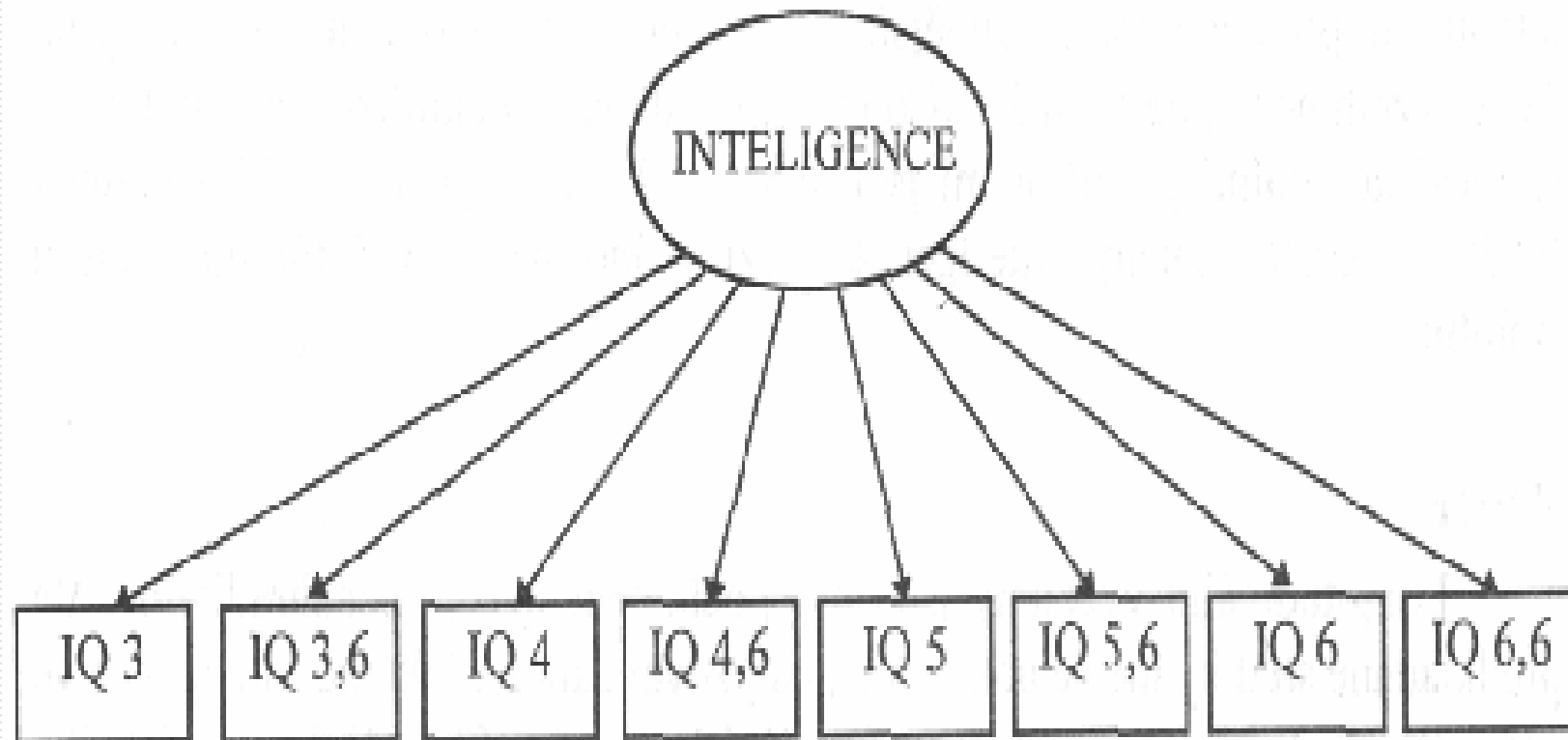
# SEM

---

- strukturální modely jsou modely tvořené více strukturálními rovnicemi, které reprezentují sílu a povahu hypotetizovaných vztahů mezi sadou proměnných
  - alternativní modely mohou být porovnány z hlediska jejich adekvátnosti vůči datům (model fit)
  - viz následující příklad Osecká, L. (1996). Longitudinální výzkum inteligence: reanalýza dat výzkumu prof. Konečného.
-

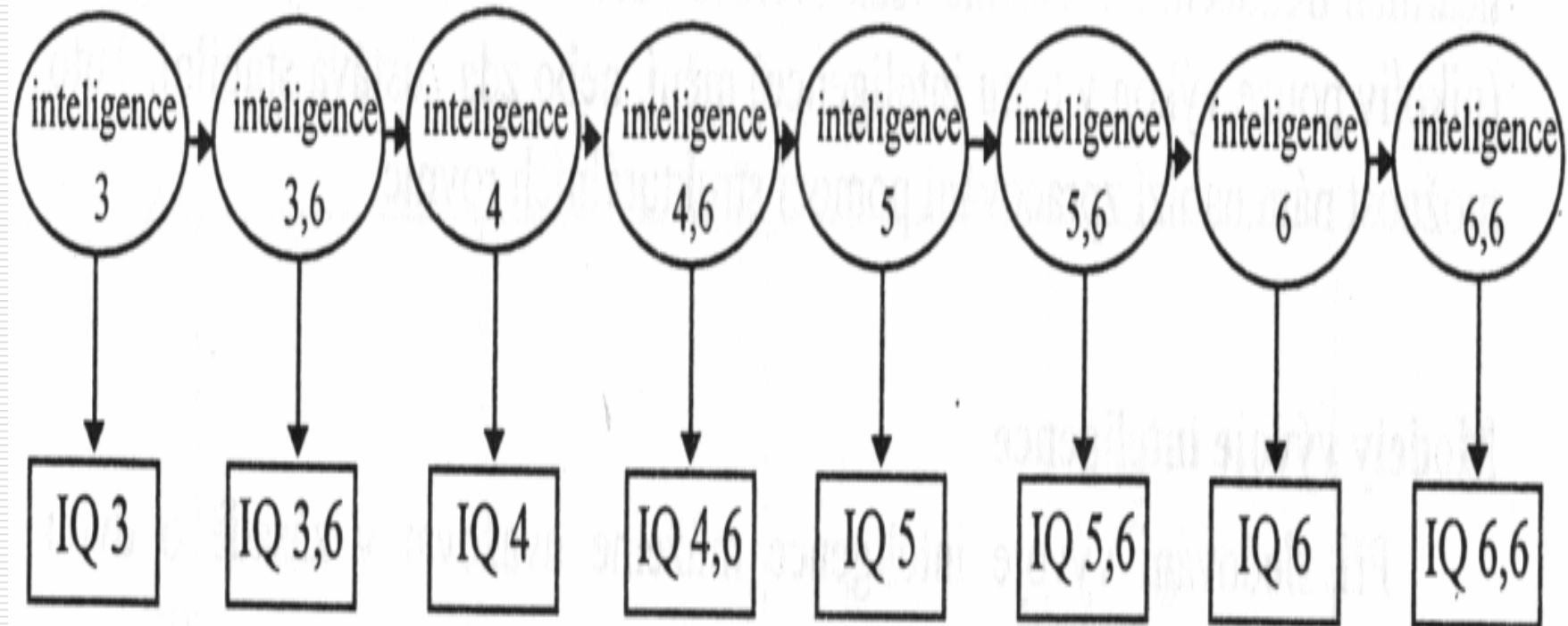
# Model s inteligencí jako stabilní schopností

---



# Model s inteligencí jako proměnlivou schopností

---



# Strukturální modelování

---

- SEM - soubor metod umožňujících analyzovat lineární vztahy manifestních a latentních proměnných
  - SEM umožňuje práci s modely tradičně řazenými k některým typům mnohorozměrné analýzy dat
  - SEM umožňuje využití principů faktorové analýzy, mnohonásobné regresní analýzy, úsekové analýzy
  - pomocí SEM lze provést také analýzu rozptylu, analýzu kovariance a další
-



# Prvky strukturálních modelů (SM)

---

- SM je tvořen: proměnnými (latentní, manifestní a reziduální) a strukturálními parametry, které charakterizují vztahy mezi těmito proměnnými
-

# Prvky strukturálních modelů

---

- parametry mohou být:
    - volné – jejich hodnoty jsou zcela neznámé
    - fixované – mají předem stanovenou hodnotu
    - omezené – mají hodnotu omezenou nějakou podmínkou
  - při odhadu modelu se tedy odhadují hodnoty volných a omezených parametrů
-

# Strukturální modelování

---

- postup strukturálního modelování:
  - formulace modelu
  - odhad modelu
  - zjištění validity modelu
  - modifikace modelu
-

# Formulace modelu

---

- model lze formulovat algebraicky pomocí soustavy strukturálních nebo simultánních rovnic
  - v současnosti je využíván spíše názorný grafický přístup – vychází z Wrightových úsekových diagramů (viz dále)
-

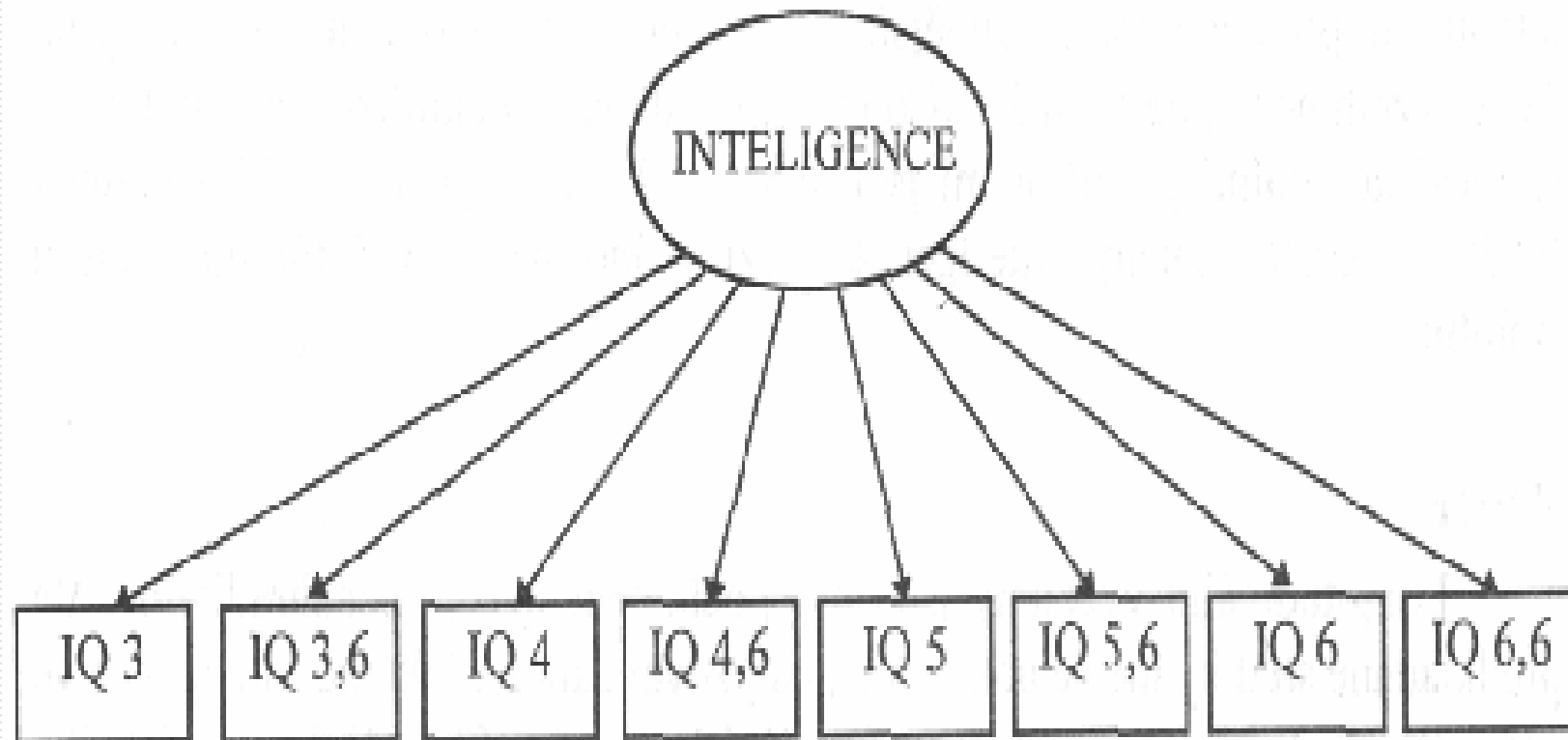
# Grafické znázornění modelu

---

- v grafickém znázornění bývají v obdélnících znázorněny manifestní proměnné, v elipsách nebo kruzích latentní proměnné, regresní vztahy jsou znázorněny jednostrannou šipkou, kovariance obloukovou oboustrannou šipkou
  - někdy bývají vypuštěny chybové složky pro větší názornost
-

# Model s inteligencí jako stabilní schopností

---



# Formulace modelu

---

- nutnou podmínkou použitelnosti modelu je jeho identifikovatelnost:
  - možnost nalezení jedinečné množiny hodnot parametrů modelu, které vysvětlují vztahy mezi manifestními proměnnými
-

# Odhad modelu

---

- po specifikaci modelu je potřeba odhadnout samotné hodnoty strukturálních parametrů
  - cílem je dosáhnout co nejvyšší shody modelu s daty
  - v dnešní době za pomoci specializovaných software – AMOS, LISREL, EQS ...
-



# Validita modelu

---

- vyvinuty tzv. indexy dobré shody
  - další možnosti hodnocení platnosti modelu je testování statistické významnosti parametrů atd.
  - indexy dobré shody slouží nejen ke zjištění, zda model data adekvátně popisuje, ale také pro posouzení možnosti model modifikovat nebo srovnat konkurenční modely
-

# Modifikace modelu

---

- kromě konfirmatorního potenciálu SEM, lze strukturální modelování použít i pro vytváření modelu nebo konkretizaci modelu za pomoci postupných modifikací
  - konfirmatorní přístup – explicitně formulovaný model je testován vzhledem k datům
  - exploratorní přístup – vytváření vhodného modelu – často pomocí modifikace výchozího modelu, který je teoreticky odůvodnitelný
-

# Modifikace modelu

---

- v praxi jsou většinou tyto dva přístupy kombinovány – navrhnutý teoretický model je modifikován, aby bylo dosaženo uspokojivé shody modelu s daty
-

# SEM - příklad

---

- Osecká, L. (1996). Longitudinální výzkum inteligence: reanalýza dat výzkumu prof. Konečného. In M. Svoboda (Ed.): *Osobnost v dimenzích poruchové a neporuchové činnosti (15-21)*, FF MU, Brno.
-

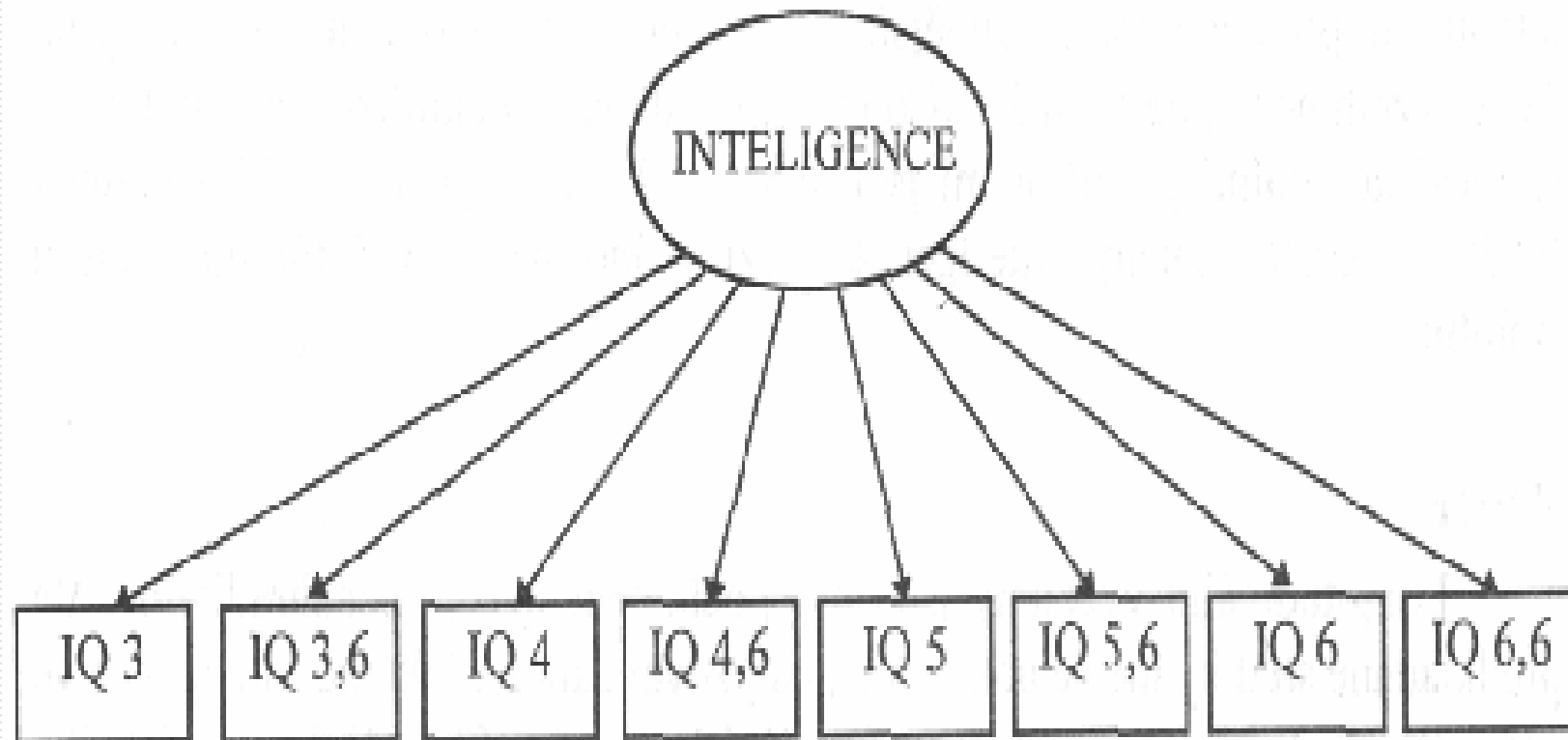
# SEM - příklad

---

- intelligence měřena na 8 věkových stupních testem Terman-Merrill
  - testovány 2 konkurenční modely
  - 1. intelligence (latentní proměnná) je v průběhu vývoje stabilní
  - 2. intelligence je považována za postupně se měnící schopnost
-

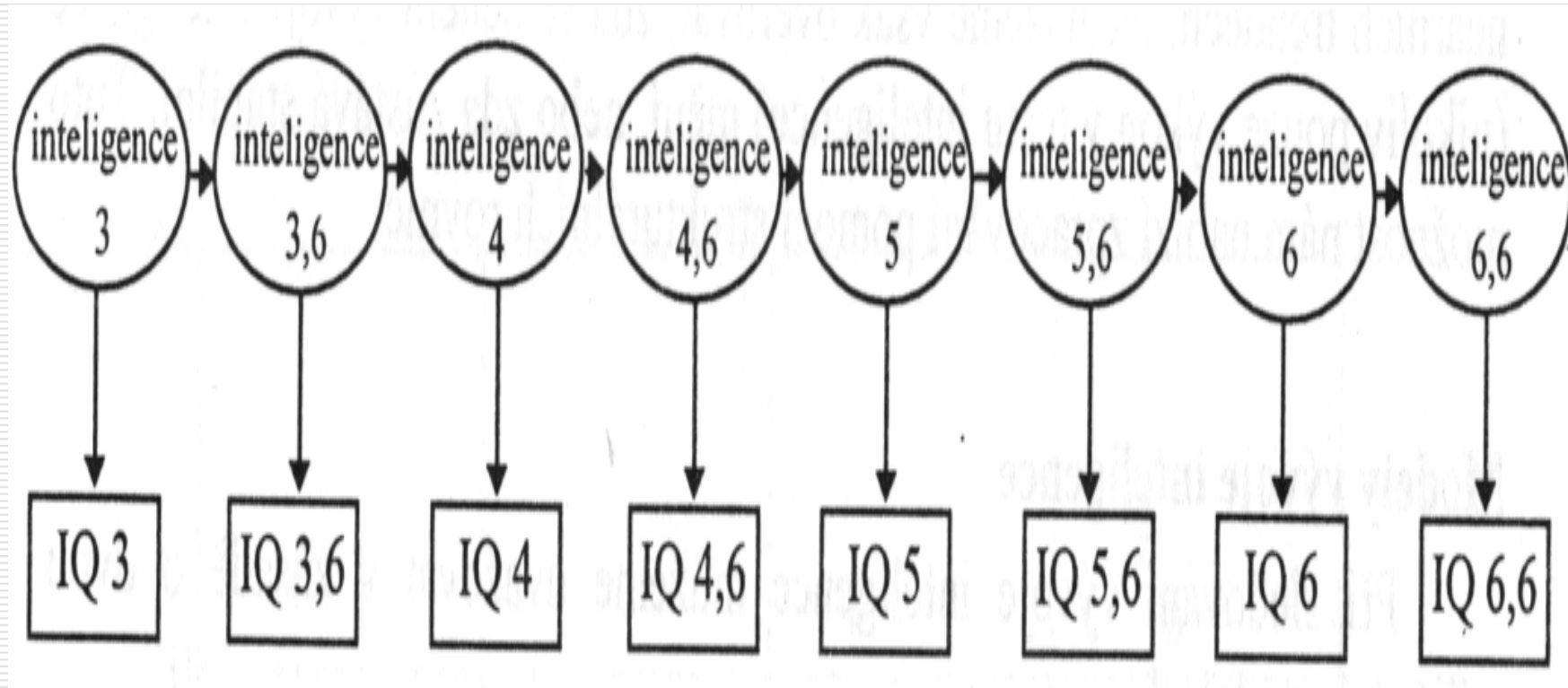
# Model s inteligencí jako stabilní schopností

---



# Model s inteligencí jako proměnlivou schopností

---



# SEM - příklad

---

- výsledky:
  - intelligence spíše není stabilní schopností (index dobré shody CFI je vyšší u modelu s nestabilní inteligencí; model nevykazuje statisticky významné odchylky od dat -> model lépe odpovídá datům)
  - vztah mezi latentními proměnnými je silnější než vztah mezi měřenými proměnnými
  - síla tohoto vztahu stoupá s věkem
-



# Diskriminační analýza

---

- cílem je optimálně identifikovat příslušnost objektu k jedné z několika kategorií – najít co nejlepší prediktory, které rozliší mezi dvěma či více skupinami objektů
-

# Diskriminační analýza

---

- každý objekt je popsán pomocí vektoru hodnot souboru vybraných proměnných
  - zjišťuje se tzv. diskriminační funkce
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- Moriarty, N., Stough, C., Tidmarsh, P., Eger, D., and Dennison, S. (2001). **Deficits in emotional intelligence underlying adolescent sex offending.** *Journal of Adolescence*, 24, 1-9.
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- cílem studie bylo zjistit, zda je možno na základě úrovně emocionální inteligence rozlišit mezi skupinou mladistvých pachatelů sexuálně motivovaných trestných činů a kontrolní skupinou
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- skupinu pachatelů tvořilo 15 chlapců ve věku 14-17 let v soudem nařízené léčbě za sexuální přečiny
  - kontrolní skupinu 41 středoškoláků stejného věku
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- byly u nich změřeny různé složky emocionální inteligence několika nástroji hodnotícími ovládání emocí, alexithymii, interpersonální dovednosti, interpersonální reaktivitu atd.
  - na proměnných z této baterie byla provedena diskriminační analýza
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- nalezená diskriminační funkce identifikovala proměnné, které nejlépe rozlišovaly skupinu pachatelů od kontrolní skupiny: pocity agrese, zvýšená pozornost věnovaná svým pocitům, nedostatečná jasnost pocitů, nízká schopnost odklonu od negativních nálad a prodloužení pozitivních
-

# Diskriminační analýza - příklad

---

- důležitým ukazatelem vhodnosti prediktorů je podíl správně klasifikovaných objektů pomocí diskriminační funkce
  - v této studii bylo správně zařazeno 90% osob (53.3% pachatelů a 100% kontrolní skupiny)
-



# Diskriminační analýza - příklad

---

- autoři doporučují soustředit se na tyto rozlišující složky emocionální inteligence při terapii sexuálních pachatelů
-

# Logistická regrese

---

- podobné typy úloh jako diskriminační analýza řeší i logistická regrese – zde je provedena regresní analýza se závislou proměnnou, která nabývá pouze dvou hodnot
-

# Analýza reliability, analýza položek

---

- metody odhadu reliability
  - výpočet odhadů reliability
  - možné zdroje zkreslení odhadů
  - analýza položek
-

# Analýza reliability, analýza položek

---

- podrobnější informace viz např.

Urbánek, T. (2002).

Základy psychometriky. MU Brno.

---

# Analýza reliability, analýza položek

---

## □ využití

- při konstrukci nové metody
  - při ověřování metody na jiné populaci
  - při použití „ad hoc“ sestavené metody
-

# Analýza reliability

---

- metody odhadu reliability
    - test-retest, tj. stabilita v čase
    - reliability paralelních forem
    - split-half reliability
    - reliability jako vnitřní konzistence
-

# Výpočet odhadů reliability

---

- **stabilita v čase** – odhadem je míra vztahu obou měření (podle typu škály, obvykle korelace)
  - při interpretaci vzít v úvahu stabilitu měřené vlastnosti a možnost zapamatování položek
-

# Výpočet odhadů reliability

---

- **reliabilita paralelních forem** – podobně jako u stability v čase jde o korelaci výsledků měření
  - porovnávají se také průměry a rozptyly jednotlivých položek, korelace mezi položkami v obou formách testu
-



# Výpočet odhadů reliability

---

- **split-half reliability** – podstatné je rozhodnutí, jak rozdělit soubor položek na dvě poloviny
  - ideálně vybrat dvojice analogických položek podle obsahu, obtížnosti, rozlišovací účinnosti atd.
  - v praxi obvykle první polovina položek vs. druhá polovina, případně liché vs. sudé položky
  - používá se Spearmanův-Brownův vzorec – založen na korelaci polovin
-

# Výpočet odhadů reliability

---

- vnitřní konzistence testu – předpokládá se, že každá položka by měla měřit totéž, co ostatní
  - tj. položky by měly vzájemně kladně korelovat
  - tento odhad se počítá pomocí koeficientu Cronbachova alfa
-

# Cronbachova alfa

---

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \times \left( 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

- $k$  = počet položek testu
  - $\sigma_i^2$  = rozptyl  $i$ -té položky
  - $\sigma_t^2$  = rozptyl celkových skóreů
-

# Výpočet odhadů reliability

---

- u testů s dichotomickými položkami se používá tzv. Kuderův-Richardsonův vzorec 20 ( $KR_{20}$ )
-

# Možná ovlivnění odhadů reliability

---

## □ **metoda odhadu reliability**

- metoda paralelních forem vede k nižším odhadům než odhad test-retest reliability
- odhad split-half reliability vede naopak k vyšším odhadům

## □ **počet položek** – čím vyšší, tím vyšší odhad reliability

---

# Možná ovlivnění odhadů reliability

---

- **heterogenita/homogenita výběrového souboru** – čím homogennější skupina testovaných osob, tím nižší odhad reliability
  - **rychlostní složka v testu** – její přítomnost vede k nadhodnocování reliability
-

# Možná ovlivnění odhadů reliability

---

- ❑ **obsah položek** – neměly by být zařazeny vzájemně závislé položky, obsahově velice podobné položky, emocionálně zabarvené položky
  - ❑ **forma položek** – možnost uhádnutí odpovědi snižuje reliability
-

# Jak vysoká musí být reliabilita testu?

---

- záleží na účelu použití metody
  - za minimální hodnotu se považuje např. 0,70
-



# Analýza položek

---

- při přístupu založeném na kritériu
    - porovnání průměrů skupin pomocí t-testu či anovy
    - korelace jednotlivých položek s kritériem
-

# Analýza položek

---

- při přístupu založeném na klasické testové teorii
    - zjišťuje se obtížnost (nebo popularita položky)
    - a rozlišovací účinnost položky
-

# Obtížnost položky

---

- podíl osob, které položku vyřešily správně, nebo na ni odpověděly diagnosticky významně
  - měla by být v rozmezí 0,2 – 0,8
-

# Rozlišovací účinnost položky

---

- míra, jak jednotlivá položka rozlišuje mezi osobami s různou úrovní celkové schopnosti
  - různé způsoby jejího určení
  - nejobvyklejší korelace s celkovým skórem
    - příp. tzv. korigovaná korelace – celkový skór, do kterého není započítaná testovaná položka
-

# Analýza položek

---

- možno využít také faktorovou analýzu
    - sledují se faktorové náboje
  - vyjadřující vztah položek s faktorem
-

# Literatura

---

- Hendl: kapitola 13
  - Urbánek, T. (2000). Strukturální modelování v psychologii. PsÚ AV ČR, Brno.
  - doplňující články:
    - Osecká, L. (1996). Longitudinální výzkum inteligence: reanalýza dat výzkumu prof. Konečného. In M. Svoboda (Ed.): *Osobnost v dimenzích poruchové a neporuchové činnosti (15-21)*, FF MU, Brno.
    - Moriarty, N., Stough, C., Tidmarsh, P., Eger, D., and Dennison, S. (2001). **Deficits in emotional intelligence underlying adolescent sex offending.** *Journal of Adolescence*, 24, 1-9.
-

# Literatura

---

- Urbánek, T. (2002).  
Základy psychometriky. MU Brno.
-