

Martin Jelínek, Petr Květon, Dalibor Vobořil



TESTOVÁNÍ V PSYCHOLOGII

**Teorie odpovědi na položku
a počítačové adaptivní testování**



 **GRADA®**

Martin Jelínek, Petr Květon, Dalibor Vobořil

TESTOVÁNÍ V PSYCHOLOGII

Teorie odpovědi na položku
a počítačové adaptivní testování

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována ani šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

Vznik publikace byl podpořen Grantovou agenturou České republiky v rámci grantového projektu GA ČR č. 406/09/P284 a výzkumným záměrem PSÚ AV ČR, v.v.i. reg. č. AV0Z70250504.

PhDr. Martin Jelínek, Ph.D.

PhDr. Petr Květon, Ph.D.

PhDr. Dalibor Vobořil, Ph.D.

TESTOVÁNÍ V PSYCHOLOGII

Teorie odpovědi na položku a počítačové adaptivní testování

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, 170 00 Praha 7

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

www.grada.cz

jako svou 4580. publikaci

Recenzoval:

doc. PhDr. Tomáš Urbánek, Ph.D.

Odpovědná redaktorka Jana J. Kubínová

Sazba a zlom Antonín Plicka

Počet stran 160

Vydání 1., 2011

Vytiskla Tiskárna PROTISK, s. r. o., České Budějovice

© Grada Publishing, a.s., 2011

Cover Photo © fotobanka Allphoto

ISBN 978-80-247-3515-3 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7198-4 (elektronická verze ve formátu PDF)

OBSAH

PŘEDMLUVA	7
 I. TEORIE ODPOVĚDI NA POLOŽKU	
1. HISTORICKÉ SOUVISLOSTI TEORIE ODPOVĚDI NA POLOŽKU	11
2. ZÁKLADNÍ IRT MODELÝ	15
Dichotomní IRT modely	16
Polytomní IRT modely	35
Předpoklady IRT modelů	50
3. ODHAD IRT PARAMETRŮ	53
Odhad parametrů osob	53
Odhad parametrů položek	59
Spojený odhad parametrů položek a osob	61
4. ŠKÁLA LATENTNÍHO RYSU A MOŽNOSTI JEJÍ TRANSFORMACE	65
5. PŘEVOD PARAMETRŮ NA SPOLEČNOU ŠKÁLU	69
6. POSTUPY ZKOUMÁNÍ VHODNOSTI IRT MODELŮ	75
Posuzování vhodnosti IRT modelů vzhledem k položkám	75
Posuzování vhodnosti IRT modelů vzhledem k osobám	83
7. ROZPOZNÁNÍ ODLIŠNÉHO FUNGOVÁNÍ POLOŽEK	89
8. INFORMAČNÍ PŘÍNOS POLOŽEK	95
9. TEORIE ODPOVĚDI NA POLOŽKU VERSUS KLASICKÁ TESTOVÁ TEORIE	99
 II. ADAPTIVNÍ TESTOVÁNÍ	
10. HISTORIE, ZÁKLADNÍ POJMY A PRINCIPY	103
11. POČÍTAČOVÉ ADAPTIVNÍ TESTOVÁNÍ	109

12. CAT V PRAXI	117
Příprava testu	117
Administrace testu	122
Specifika CAT u testů s polytomními položkami	124

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1: DIAGNOSTICKÉ NÁSTROJE A DATOVÉ SOUBORY	137
PŘÍLOHA 2: SEZNAM VÝPOČETNÍCH ŠABLON	139
PŘÍLOHA 3: SKRIPTY PRO KALIBRACI PARAMETRŮ A OSOB	140
SUMMARY	147
LITERATURA	149
JMENNÝ REJSTŘÍK	155
VĚCNÝ REJSTŘÍK	157

PŘEDMLUVA

Pojmy teorie odpovědi na položku a počítačové adaptivní testování jsou v posledních letech velmi často zmiňovány v souvislosti s moderními trendy v psychologické (i jiné) diagnostice. Ambicí této knihy je poskytnout českému čtenáři v ucelené formě popis základních principů teorie odpovědi na položku (*Item Response Theory – IRT*) a počítačového adaptivního testování (*Computerized Adaptive Testing – CAT*), které je na ní založené.

Teorie odpovědi na položku představuje komplexní matematický aparát, který se snaží postihnout situaci, kdy jedinec odpovídá na testovou položku. Díky tomuto aparátu dokážeme předvídat, jak jedinec s určitou úrovní schopností odpoví na konkrétní položku. Základem IRT je matematický model, který udává pravděpodobnost určité odpovědi v závislosti na úrovni latentního rysu jedince a charakteristikách konkrétní položky. Pojmem latentního rysu zde rozumíme uvažované, přímo nepozorovatelné charakteristiky respondentů, k jejichž odhadu chceme v procesu testování dospět. Každá položka je tedy popsána pomocí tzv. charakteristické funkce položky *Item Characteristic Function (ICF)*, která vyjadřuje vztah mezi latentním rysem a pravděpodobností dané odpovědi. Na základě definovaného vztahu mezi latentním rysem a pravděpodobností odpovědi jsou odvozeny koncepty podmíněné chyby měření a informačního přínosu, které se uplatňují v celé řadě psychometrických aplikací.

Teorie odpovědi na položku je alternativou ke klasické teorii testů (*Classical Test Theory – CTT*). Modelově zakotvená teorie odpovědi na položku přináší do procesu měření řadu výhod. IRT považuje test za množinu samostatných položek a základní jednotkou, pro kterou jsou různé modely vytvořeny, je jednotlivá položka. Naproti tomu v CTT není položka konceptuálně oddělitelná od celku konkrétního testu. Zejména díky osamostatnění testové položky IRT nabízí vhodný aparát pro uplatnění obecných principů tzv. adaptivního testování. Základní idea adaptivního testování je přitom jednoduchá: zadávejte testované osobě k řešení pouze takové položky, které umožňují ideálně posoudit úroveň měřeného rysu. V praxi její uplatnění vyžaduje buď zkušeného administrátora, který je schopen odhadnout úroveň rysu testované osoby, vybrat přiměřeně

obtížnou položku a po jejím zodpovězení opět celý proces opakovat, anebo využití matematického aparátu, který by v reálném čase provedl totéž – obvykle IRT v kombinaci s počítačovou technikou. Adaptivní testování je tak v dnešní době převážně chápáno jako počítačové adaptivní testování založené na principech IRT.

Čtenář bude postupně seznámen se základními IRT modely pro položky dichotomního a polytomního formátu, předpoklady těchto modelů, dále se způsoby, jakými lze dospět k odhadům parametrů položek a osob na škále latentního rysu, s možnostmi jejich transformace a s posuzováním vhodnosti IRT modelů vzhledem k datům. Pozornost je dále věnována praktickým aplikacím IRT, jako je rozpoznání odlišného fungování položek u různých skupin respondentů a využití konceptu informačního přínosu pro konstrukci testových metod. Teoretický popis aspektů IRT je průběžně doplňován o praktické příklady na reálných datech, a to včetně konkrétních tipů pro práci s renomovanými IRT software Bilog-MG, Parscale a Multilog. Tuto část knihy navíc doprovází on-line materiál, který obsahuje výpočetní šablony implementované v tabulkovém procesoru, které pomohou lepšímu pochopení výpočetních problémů a představují pro čtenáře užitečnou pomůcku k provádění vlastních analýz. V textu jsou tyto šablony označeny pořadovým číslem a QR kódem, v příloze uvádíme příslušný seznam internetových adres.

Druhá část knihy je zaměřena na důkladné seznámení s principy adaptivního testování v historické perspektivě a na současné pojetí adaptivního testování, kdy je synonymem adaptivního testování počítačové adaptivní testování založené na IRT. Kapitoly o počítačovém adaptivním testování jsou založeny na zkušenostech autorů s vytvářením vlastního CAT software. Tento software je také využit pro demonstraci výhod i problémů, které adaptivní testování přináší do diagnostické praxe.

I.
TEORIE
ODPOVĚDI NA POLOŽKU

1. HISTORICKÉ SOUVISLOSTI TEORIE ODPOVĚDI NA POLOŽKU

Podobně jako pro celý obor psychologie také v oblasti diagnostiky individuálních charakteristik platí výrok o dlouhé historii a krátké minulosti. Například Allenová a Yenová (2002) zmiňují první úřednické zkoušky způsobem formalizovaného testování již před třemi tisíci lety ve starověké Číně. Formální testovací postupy byly využívány u kandidátů na různé úřady, přičemž byla uplatňována pravidla, která ve své podstatě přetrvala až do dnešní doby, například anonymita testování nebo hodnocení dvěma nezávislými examinatory zajišťující objektivitu testování.

Další impulsy do vývoje testování přicházely zejména od vzdělávacích a vojenských institucí (potřeba vstupního, výstupního i průběžného testování znalostí a schopností, hodnocení rekrutů apod.). Období první světové války, konkrétně rok 1917, představovalo důležitý mezník ve vývoji psychologického testování. Skupina psychologů v čele s tehdejším prezidentem Americké psychologické asociace Robertem M. Yerkesem, která se inspirovala u velkých autorit – jako Galton, Binet, Pearson a dalších (blíže viz např. Hunt, 2000) – se rozhodla pro vytvoření skupinově administrovaného testu inteligence sloužícího k objektivnímu testování rekrutů v americké armádě (DuBois, 1970). Jejich snaha nakonec vyústila v tzv. Army Alpha Test, který se stal vzorem pro pozdější výkonové testy charakteristické požadavkem na objektivitu skórování, zajištěnou většinou použitím uzavřených položek s volbou z více možností. Takto byly vlastně položeny pevné základy pro klasickou teorii testů, která přetrvává a rozvíjí se až do dnešní doby.

První předzvěsti principů IRT lze zpětně vysledovat již u Luise Thurstonea v jeho analýze *Binetova a Simonova testu dětského mentálního vývoje* (Bock, 1997). V této studii Thurstone pro každou položku spočítal procento úspěšných dětí a graficky znázornil vztah věku a úspěšnosti, přičemž výsledný graf svým esovitým tvarem nápadně připomíná tzv. charakteristické křivky položek, jak jsou definovány v rámci IRT. Další zajímavé historické propojení teorie odpovědi na položku našel Bock v oboru toxikologie, ve kterém na začátku 19. století existovaly snahy modelovat reakce mikroorganismů na zvyšující se

dávky toxinu. Výsledný model měl v zásadě podobu kumulativního normálního rozložení vyjadřujícího úmrtnost organismů. Hlavním cílem bylo nalézt takové množství toxinu, při němž umírá 50 % organismů. S notnou dávkou nadsázky lze pravděpodobnost úmrtí organismů chápat jako paralelu k pravděpodobnosti správné odpovědi na položku a tzv. mediánovou efektivní dávku jako obdobu její obtížnosti. Propojení toxikologických výzkumů a pozdějšího IRT je ještě zřejmější na řešení problému s přirozenou úmrtností organismů, která tehdejšími výzkumníky systematicky nadsazovala účinnost testovaného toxinu. Výše popsany model úmrtnosti tedy obohatili o parametr přirozené úmrtnosti, vysledovaný na kontrolní skupině. Výsledný matematický vzorec je v současné době prakticky ve stejné podobě využíván pro vyjádření pravděpodobnosti správné odpovědi v rámci tříparametrového logistického modelu s tím rozdílem, že přirozená úmrtnost je zde nahrazena uhádnutelností správné odpovědi (Bock, 1997).

Přibližně od šedesátých let minulého století se paralelně s klasickou testovou teorií začala rozvíjet teorie odpovědi na položku jako formálně odlišný přístup k testování individuálních charakteristik. V rámci vývoje IRT lze vysledovat dvě relativně samostatné linie uvažování (Embretson, Reise, 2000), které lze zjednodušeně označit jako americkou a evropskou. V USA je za formální počátek IRT přístupu považováno vydání knihy Lorda a Novicka (1968) s názvem *Statistické teorie mentálních testových skóre* (*Statistical Theories of Mental Test Scores*). Ačkoli kniha byla primárně zaměřena na klasickou teorii testů, obsahovala také několik kapitol Allana Birnbauma, které shrnují předchozí technické zprávy pro americké vzdušné síly a představují základy moderní IRT (Wainer, 2000). Další vývoj teorie odpovědi na položku je v USA spojen zejména se jmény Fumiko Samejima, David Thissen, Darrell Bock nebo Robert J. Mislevy. Poslední dva jmenovaní autoři stojí také v pozadí vzniku pravděpodobně nejužívanějšího softwaru pro praktickou aplikaci IRT s názvem Bilog, která je momentálně k dispozici ve verzi Bilog-MG 3 (Zimowski, Muraki, Mislevy, Bock, 2003). Evropská linie IRT je neodmyslitelně spjata se jménem dánského matematika Georga Rasche a jeho knihou *Pravděpodobnostní modely pro některé inteligenční a výkonové testy*. Další vývoj evropského uvažování v oblasti IRT posouvali zejména Erling B. Andersen, Wim J. van der Linden, Cees A. W. Glas a mnozí další.

Přes veškeré výhody přístupu IRT oproti CTT je poměrně zarážející relativně malé povědomí o IRT mezi širší odbornou psychologickou veřejností. Důvodů pro tento fakt lze najít hned několik. Jak poznamenává Embretson a Reise

(2000), typická kariéra Ph.D. studenta se specializací v oblasti IRT vrcholí neodmítnutelnou nabídkou zaměstnání ve společnostech zabývajících se vývojem testů, respektive v armádní testovací laboratoři, kde se posléze zabývá implementací IRT do vlastních testových baterií. Ačkoli taková kariéra je výhodná jak pro studenta, tak pro jeho zaměstnavatele, psychologická odborná veřejnost zůstává v tak progresivní oblasti, jakou IRT bezesporu je, v podstatě mimo hlavní dění. Dalším důvodem malého povědomí o IRT je určitě i slabá uživatelská přívětivost dostupných IRT software. Třebaže jsou matematicky na špičkové úrovni, jejich dokumentaci a ovládací rozhraní zvládne pouze uživatel s neobvykle silnou motivací a nadprůměrnou orientací v problematice. V neposlední řadě hraje velkou roli obecně vysoká složitost matematického pozadí celé teorie.

2. ZÁKLADNÍ IRT MODELÝ

Modelý, se kterými se v rámci teorie odpovědi na položku pracuje, lze na obecné úrovni rozdělit podle počtu uvažovaných dimenzí měřené charakteristiky na jedno- a vícedimenzionální. Příkladem jednodimenzionálního uvažování je soubor položek měřících obecný faktor inteligence, u kterého se předpokládá, že odpověď na každou položku je téměř výhradně ovlivněna tímto obecným faktorem. Vícedimenzionální uvažování je v psychologické diagnostice také poměrně časté (např. Eysenckovy osobnostní dotazníky, dotazníky založené na teorii Big Five apod.). V praxi však jednotlivé dimenze bývají měřeny pomocí navzájem se nepřekrývajících souborů položek, mluvíme zde o tzv. mezipoložkové multidimenzionalitě (de Ayala, 2009). V rámci IRT je pak v rámci jednoho testu jednoduše aplikován jednodimenzionální model na každý samostatný soubor položek. Méně častá je tzv. vnitropoložková multidimenzionalita, kdy se při odpovědi na konkrétní položku výrazně uplatňuje více než jeden latentní rys. Příkladem může být metoda složená z několika položek zaměřených na koncept rodičovského zájmu. Lze předpokládat, že v pozadí odpovědí rodičů můžeme nalézt hned několik rysů více či méně ovlivňujících tyto odpovědi (např. zodpovědnost, láska, dominance a další). Zde je již nutné uplatnit speciálně navržené multidimenzionální IRT modelý¹. V této knize se budeme zabývat výhradně jednodimenzionálními modelý, neboť většina psychologických testů je konstruována pro měření jedné dimenze či souboru několika navzájem konceptuálně nezávislých dimenzí.

Podle jiného kritéria lze IRT modelý dělit na dichotomní a polytomní. Dichotomní modelý jsou určeny pro binárně skórované položky používané zejména ve výkonových testech. Ačkoli u nich může být počet kategorií odpovědí různý, ve výsledku se pracuje pouze se dvěma hodnotami (0 a 1). Vzhledem k tomu, že se IRT dobře osvědčila v oblasti výkonových testů, byly posléze intenzivně vyvíjeny i polytomní modelý určené pro položky s více než dvěma skórovacími

¹ Popis IRT modelů pracujících s multidimenzionálními konstrukty viz např. van der Linden, Hambleton (1997).

kategoriemi (např. posuzovací škály Likertova typu typicky užívané v diagnostice osobnosti, postojuů apod.).

Při obecném představení jednotlivých modelů a výkladu jejich parametrů vycházíme z několika základních pramenů. Pro dichotomní IRT modely jsou to Wainer, Mislevy (2000), Hambleton, Swaminathan, Rogers (1991), Embretson, Reise (2000), Barton, Lord (1981) a de Ayala (2009). U polytomních modelů jsou to pak Nering, Ostini (2010), van der Linden, Hambleton (1997) a Embretson, Reise (2000). V textu jsou teoretické popisy problematiky doplněny o ukázky na reálných datech. Popis použitých datových souborů uvádíme v příloze 1.

DICHOTOMNÍ IRT MODELÝ

Základní typy IRT modelů pro dichotomní položky jsou tzv. jednoparametrový logistický (1PL) model (zvaný též Raschův model), ve kterém jsou položky charakterizovány pouze jedním parametrem – obtížností –, dvouparametrový logistický (2PL) model s parametry obtížnosti a rozlišovací účinnosti a tříparametrový logistický (3PL) model s parametry obtížnosti, rozlišovací účinnosti a pseudouhádnutelnosti. Pro úplnost zmiňujeme také čtyřparametrový logistický (4PL) model, který 3PL model doplňuje o parametr ledabylosti.

U jednotlivých modelů vždy nejprve popíšeme jejich logiku (charakteristickou funkci položky), odvození informační funkce a způsob odhadu latentního rysu. V příloze knihy uvádíme způsob nastavení software Bilog-MG 3 s popisem základních proměnných ovlivňujících jednotlivé výpočty.

JEDNOPARAMETROVÝ LOGISTICKÝ MODEL (1PL)

Model 1PL představuje nejjednodušší variantu ze skupiny IRT modelů. Vztah mezi úrovní latentního rysu probanda a pravděpodobností klíčové² odpovědi na určitou položku je dán pouze obtížností položky (*difficulty*). Charakteristickou funkci položky lze formálně vyjádřit jako

² V dalším textu budeme na místech, kde máme na mysli správnou odpověď nebo odpověď v diagnostickém směru, používat termín klíčová odpověď jako termín nadřazený.