

# Psychological instrumentation

## *From the Wundt's laboratory to artificial intelligence*

J. Jura

**Abstract** -- This article describes some means of psychological instrumentation. Shows historical devices like a tachystoscope, kymograph, tremometer, mnemometer and association machine. It also presents methods like a reacting time measuring, Rod and Frame Test for cognitive style estimating or polygraph and current methods and devices like a system BioCyS/NUROBIO for engineering psychology or computer aided psycho diagnostics for transportation psychology check.

**Index Terms** – Instrumentation and Measurement, Computerized instrumentation, Electrophysiology, Industrial psychology, Psychometric testing, Psychological instrumentation, Psychophysiological measuring, Fine mechanics, Artificial intelligence.

### I. ÚVOD

Přístrojová technika v psychologii zaznamenala v zásadě podobný vývoj jako přístrojová technika používaná v jiných oblastech lidské činnosti. Začíná převážně mechanickými zařízeními prvních psychologických laboratoří (především pak známé laboratoře Wuntovy)<sup>1</sup>. S postupujícím časem je přístrojové vybavení čím dál tím více založeno na elektrotechnických a elektronických realizacích, v současnosti je využíváno v maximální míře výpočetní techniky a původní přístroje se tak často stávají jejími periferiemi. Využití výpočetní techniky však také umožňuje výsledky měření přímo, často automatizovaně, vyhodnotit a to i pomocí metod dříve nedostupných – například umělé inteligence<sup>2</sup>.

### II. HISTORICKÉ PŘÍSTROJOVÉ METODY

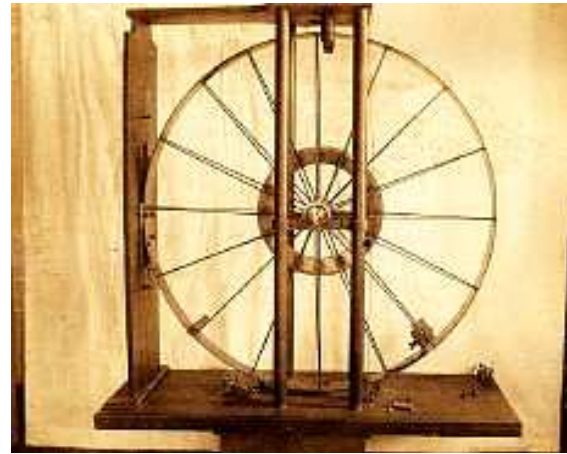
Nejstarší uváděné přístroje patří do vybavení psychologických laboratoří a sloužily k výzkumu. Až posléze byly některé, původně laboratorní, přístrojové metody využívány též k personální diagnostice – v současnosti například k psychologickým vyšetřením v dopravě, průmyslu či armádě.

Velká skupina psychologických přístrojů také pochází z laboratoří fyziologických, které by byly minimálně na samostatný článek. Patří sem pletismografy, zařízení na zjišťování kožní citlivosti, reakčních časů, elektrických potenciálů a vodivosti kůže, citlivosti a rozsahu smyslových orgánů atp.

Vyjma zdrojů uvedených u jednotlivých popisovaných zařízení je možné zájemcům o další informace doporučit on-line dostupný katalog muzea psychologické přístrojové techniky v Montclair v New Jersey [1]. Následuje ukázka vybraných historických psychologických přístrojů a přístrojových metod.

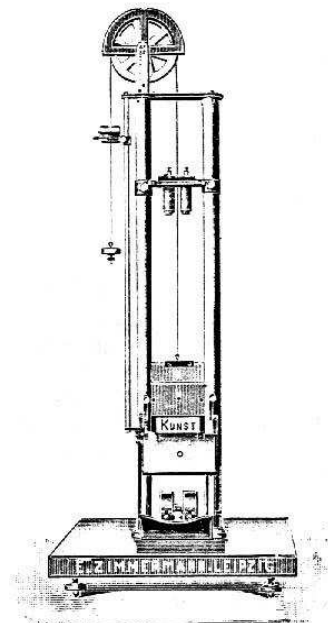
#### A. Tachystoskopy

Tachystoskopy jsou zařízení, která umožňují mžikovou expozici podnětu a tyto přístroje byly nedílnou součástí prvních psychologických laboratoří. Základními prvky většiny tachistoskopů jsou tři součásti: a) zdroj světla, b) snímek obsahující prezentovaný podnětový materiál a c) závěrka [2].



Obrázek 1 - Kolový tachystoskop J. Mc. Cattella (převzato z [3]).

Tachyskopy je možné dle konstrukce dělit na pádové, rotační, kyvadlové a zrcadlové [2]. Pomocí tachistoskopu zkoumal například Georgie Sperling ikonickou paměť.



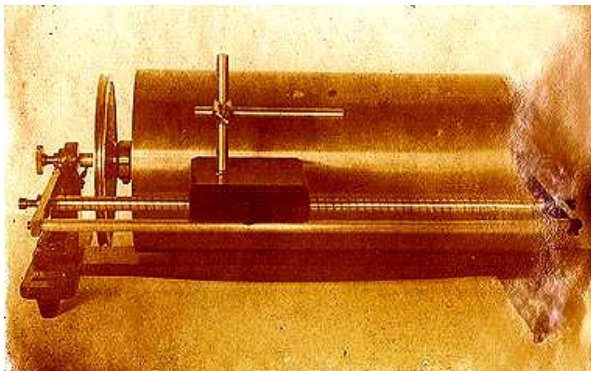
Obrázek 2 - Wundtův pádový tachistoskop (převzato z [2]).

<sup>1</sup> Wundtův Institut für experimentelle Psychologie na Univerzitě v Lipsku založený v roce 1879.

<sup>2</sup> Například expertními systémy, vyhodnocujícími získaná data.

## B. Kymograf

Kymografy jsou původně přístroje pro zachycení pohybu orgánů. Proto obvykle obsahují záznamové zařízení – nejčastěji bubínek – které bylo v psychologických laboratořích využíváno velmi univerzálně a pojem kymograf se stal označením záznamového zařízení.

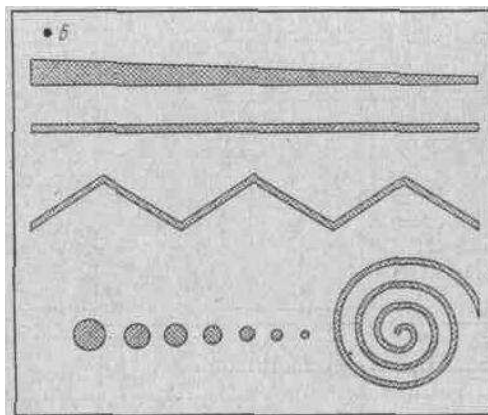


Obrázek 3 - Bubínkový kymograf (převzato z [3]).

## C. Tremometr

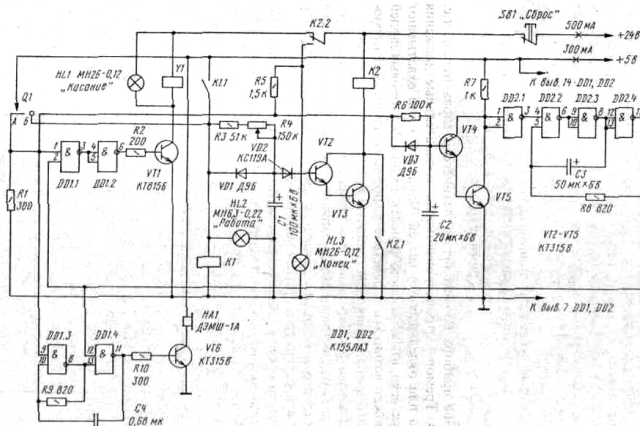
Tremometr je zařízení měřící třes horních končetin. Na našem území byl vyroben a využíván například Baťovými strojírenskými závody ve Zlíně, kde ve spolupráci s Ústavem průmyslového zdravotnictví byl tremometr využíván pro studium únavy zaměstnanců (v rámci zdravotní péče o zaměstnance a prevence pracovních úrazů) [4]. Je a byl též součástí dopravně psychologických vyšetření, která dříve zajišťovala psychologická pracoviště velkých dopravních společností.

Tremometry mají různou konstrukci a jednu z nejčastějších je tremometr založený na projetí definované dráhy hrotem v šterbině bez doteku stěny.



Obrázek 4 – Náčrtek přední strany tremometru<sup>3</sup>

<sup>3</sup> obrázek převzat z: [http://www.gelezo.com/radiofans\\_circuits/803000/803005/tremometr.html](http://www.gelezo.com/radiofans_circuits/803000/803005/tremometr.html)



Obrázek 5 - Elektrické schéma ruského tremometru<sup>4</sup>.

## D. Asociační přístroj

Asociační přístroj je zařízení usnadňující výzkum paměti, respektive zapamatování si asociací – tedy spoju mezi dvěma podněty. Právě tyto páry podnětů jsou asociačním přístrojem prezentovány. Následně je zkoumané osobě prezentováno vždy jedno slovo z páru a ta si má vybavit to druhé.



Obrázek 6 – Mechanický asociační přístroj (převzato z [5]).

## E. Mnemometr

Jak název napovídá – jedná se o pomůcku pro měření paměti, principiálně nikoliv nepodobnou asociačnímu přístroji, ačkoliv technická realizace je v případě zde představeného Ranschburgova mnemometru elektrotechnická. Mnemometr prezentuje zkoumané osobě sadu podnětů (zde slov) k zapamatování. Slova jsou prezentována přesně definovanou dobu. V současnosti je snadné zobrazovat slova na obrazovce počítače. Stále otevřená je však otázka nakolik má mechanická, či počítačová realizace testu vliv na celkový výsledek.

<sup>4</sup> obrázek převzat z: [http://www.gelezo.com/radiofans\\_circuits/803000/803005/tremometr.html](http://www.gelezo.com/radiofans_circuits/803000/803005/tremometr.html)



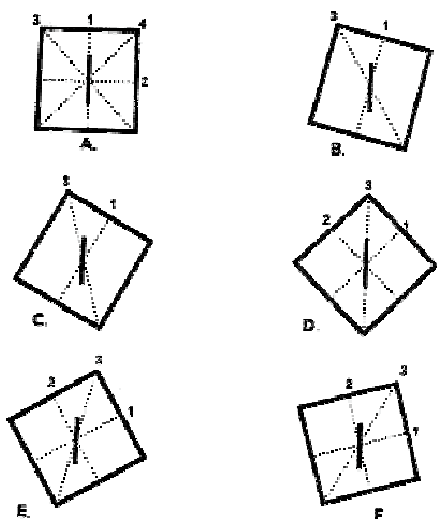


Obrázek 7 - Elektrický mnemometr (převzato z [5]).

#### F. Rod and Frame Test

Rod and Frame Test (RFT) je metoda vyvinutá Hermanem Witkinem pro testování kognitivního stylu nazvaného závislost/nezávislost na poli.

Podle Witkina se jedinci dělí na ty, kteří se při vnímání orientují spíše podle kontextu (rámce, situace atp.) a na ty, kteří se orientují především podle objektu vnímání. První z nich Witkin nazývá závislími na poli a ty druhé nezávislími na poli (rozuměno podnětovém poli). Rod and Frame Test je založen na tom, že zkoumaná osoba v temné místnosti udává polohu svítící tyče k jejímu rámu. Přitom se mění poloha tyče, rámu i samotné zkoumané osoby (respektive křesla). Následně je ještě požádána, aby nastavila tyč do vertikální pozice. Osoby nezávislé na poli se lépe orientují. Osoby závislé na poli se lépe společensky adaptují. Osoby nezávislé na poli také lépe přistávají v mlze.

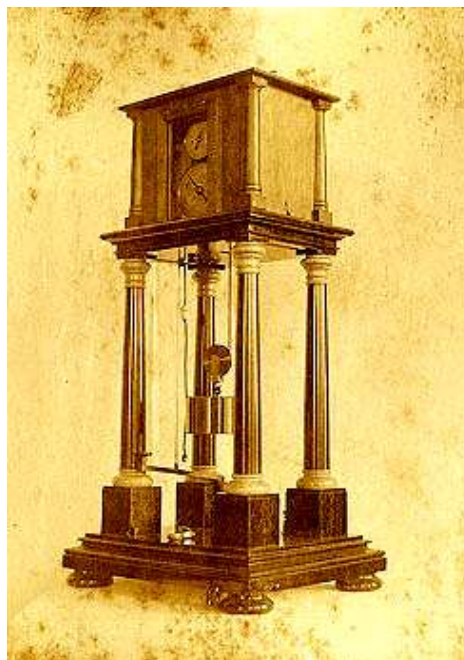


Obrázek 8 – Rod and Frame Test<sup>5</sup>

#### G. Měření reakční doby

Max Friedrich nechával dopadnout kuličku na plošinu, tím vyvolala ostrý zvuk a současně spojila kontakt, který uvedl do chodu chronoskop (měřič krátkých časů). Jakmile zkoumaná osoba uslyšela zvuk, stiskla telegrafní klíč a

chronoskop se tím zastavil [6]. Reakční doba je tedy doba od podráždění smyslového orgánu do prvního svalového záchvěvu.



Obrázek 9 - Brownův zvukový chronoskop (pro měření velmi krátkých časů) (převzato z [3]).

Reakční doba má fyziologický i psychologický význam. Jednoduchá reakční doba (zkoumaná osoba reaguje na jeden známý signál jedním daným způsobem) je záležitost primárně fyziologická. Závisí tedy například na únavě, alkoholovém opojení atp. Naopak reakční doba s volbou (zkoumaná osoba musí zvolit typ reakce) je více psychologicky podmíněná. Měříme-li reakční dobu, tak tím buď v kontextu psychodiagnostiky testujeme člověka, nebo tím v kontextu inženýrské psychologie testujeme HMI (rozhraní člověk/stroj), případně využíváme obecných znalostí o reakční době člověka, například v kontextu návrhu systému člověk/stroj nebo ve forenzní biomechanice.

#### H. EDA – elektrodermální aktivita

Elektrodermální aktivita (starší termín kožně galvanická reakce KGR / Galvanic Skin Reaction GSR) je v podstatě měrná vodivost kůže. Jako první ji do vztahu s aktuálním duševním stavem dal Charles Fere v roce 1888, takže je oprávněně ji považovat za metodu historickou. Jako taková je elektrodermální aktivita závislá především na otevřenosti pórů (zjednodušeně na tom, jak se zkoumaná osoba potí) na dlaních a chodidlech, kde jsou póry určené k udržení přiměřené vlhkosti kůže a citlivě reagují na psychogenní podněty (na rozdíl od méně psychogenně citlivých termoregulačních pórů na zbytku těla). Zařízení pro měření EDA (respektive původně GSR) se nazývá psychogalvanometr. Při měření se používají Ag/AgCl a Zn/ZnSO<sub>4</sub> elektrody a elektrolyt NaCl a KCl [7]. Zvýšené EDA<sup>6</sup> odpovídá především emočnímu stavu a je klíčovou veličinou tzv. detektoru lži. Zaznamenaný signál však

<sup>5</sup> obrázek převzat z: <http://www.jasonpatent.com/2009/09/18/eye-of-the-beholder/>.

<sup>6</sup> Přesněji řečeno zvýšená měrná vodivost kůže.

poskytuje mnohem širší možnosti analýzy. Bylo zjištěno, že například zpoždění tělesné reakce na podnět koreluje s útlumovými procesy (např. únavou). Z analýzy signálu vznikají další veličiny jako například elektrodermální labilita vyjadřující nepravidelnost odezvy.



Obrázek 10 – Jednoduché zařízení na měření GSR<sup>7</sup>

### I. Měření velikosti zornic

Pro změření velikosti zornic existuje speciální přístroj – pupilometr a na platformě současné výpočetní techniky může být toto měření snadno realizováno i softwarově<sup>8</sup>. Velikost zorniček je primárně fyziologicky ovlivněna intenzitou osvětlení sledovaného objektu. Tento vliv je potřeba při psychologickém sledování eliminovat. Sekundárně je velikost zorniček ovlivněna autonomním nervovým systémem (sympatikus a parasympatikus) a na tomto podkladě je možné psychologicky interpretovat rozšíření zorniček (mydriázu) jako projev zájmu a vzrušení (aktivováno sympatikem). Komerčně byly tyto poznatky využívány (až zneužívány) při marketingových výzkumech a měření velikosti zorniček je též součástí některých polygrafů.

### J. Polygraf

Jak název napovídá, je polygraf zařízení registrující větší množství proměnných – nicméně je to také ustálený odborný název pro detektor lži. Obvykle zachycované veličiny jsou GSR (EDA), oběhové indikátory (elektrická aktivita srdce, krevní tlak, srdeční puls), velikost zornice oka, tělesná teplota, dýchání a podobně.



Obrázek 11 - Polygraf<sup>9</sup>

## III. MODERNÍ PŘÍSTROJOVÉ METODY V PSYCHOLOGII

Současné přístrojové metody obvykle využívají k vyhodnocení výpočetní techniku a tato automatizace výpočtů a vyhodnocování vede k podstatně čtenějšímu využívání těchto metod, než tomu bylo dříve a také v oblastech, dříve těžko představitelných. Pokud byl polygraf doménou kriminalistů, nyní se jeho prvky stávají součástí systémů automatického řízení s prvky umělé inteligence.

### A. BIOCYS a NUROBIO

BIOCYS (BioCybernetic analysis system) je japonský projekt vědců z Kyota s aplikací v oblasti operátorského řízení (referováno volně dle [8], [9]). Jeho jádrem je expertní systém NUROBIO pro estimaci kognitivních stavů operátora na základě změřených fyziologických veličin (podobných jakých využívá detektor lži):

- Velikost očních zorniček, frekvence mrkání a rychlost pohybu očí.
- Elektrodermální aktivita.
- Srdeční rytmus.
- Rytmus dýchání.

Na základě těchto fyziologických dat expertní systém NUROBIO určuje v časovém intervalu tří vteřin jeden ze sedmi předpokládaných **poznávacích (kognitivních) stavů** operátora:

- Získávání informace.
- Zapamatování si zjištěných informací a identifikace stavu.
- Rozvaha o organizaci řešení.
- Zpracování v paměti.
- Hledání klíče k řešení.
- Změny v postupu řešení (podle situace).
- Zmatek.

Systém Biocys je určen pro složité systémy, jakým je například velín jaderné elektrárny. Je důležité, aby byl operátor monitorován, jelikož jeho chyba by mohla mít závažné důsledky. Není ale možné, aby počítač převzal veškerou aktivitu a řídil systém sám, neboť operátor by mohl ztratit dovednosti a s nimi i odvahu řídit svěřený systém. Biocys má tři režimy fungování:

- Poradní – když operátor zmatkuje a potřebuje poradit.
- Dohlížecí – když operátor ztrácí pozornost.
- Adaptivní – zajišťuje přísun informace podle aktuálního stavu operátora – například ve stavu afektu je vhodné poskytnout informaci relativně málo, ale zásadních pro rychlé rozhodnutí.

### B. Detekce poklesů pozornosti a mikrosopáneků řidičů

Problematice detekce poklesů pozornosti a mikrosopáneků řidičů se systematicky věnuje Laboratoř spolehlivosti systémů FD ČVUT a ÚI AV ČR. Pro zjištění bdělosti je nejpřímochařejší měření elektrické aktivity mozku (EEG), což je však také technicky a finančně nejvíce náročná

<sup>7</sup> obrázek převzat z <http://www.wikid.eu/index.php/File:Setup.jpeg>.

<sup>8</sup> například: <http://www.specsonthenet.com/pupillometer.jsp>

<sup>9</sup> obrázek převzat z:

[http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005\\_2006\\_LS/1100/DostalPetr/Detektorylzi.pdf](http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005_2006_LS/1100/DostalPetr/Detektorylzi.pdf)

metoda a například v běžném silničním provozu nepřipadá příliš v úvahu. Z toho důvodu jsou zkoumány jiné indikátory, které by byly prakticky snáze použitelné. Je to především třes rukou na ovladačích (např. volantu) a frekvenční charakteristiky mrkání, které lze snadno snímat (volně dle [10]).

### C. Počítačová administrace testů

Počítačová administrace (tedy zadání a vyhodnocení) testů je využívána jednak u testů náročných na vyhodnocení a také v systémech, které vyžadují specifická měření a kde osobní počítač nahrazuje jiné technické zařízení – například tachystoskop, chronoskop atp.. Pro osobní počítače jsou k tomuto účelu vyráběny zvláštní periferie viz Obrázek 12. Jedním z příkladů takového testu je tachistoskopický dopravní test (TAVTMB), který je součástí větší baterie testů pro dopravně psychologické vyšetření. Test hodnotí především rozsah a rychlost vizuálního vnímání. Podnětový materiál tvoří fotografie různých dopravních situací. Samozřejmě by bylo možné tento test realizovat i pomocí historických tachystoskopů. Počítačová administrace však umožňuje navíc spojení s návaznými aplikacemi, kterými je systém správy výsledků testů i připojený expertní systém. Jeho vstupy jsou právě výsledky jednotlivých testů a výstupem je potom psychologické hodnocení řidiče.



Obrázek 12 – dopravně-psychologická přístrojová diagnostika<sup>10</sup>.

## IV. ZÁVĚR

Článek vytváří velmi stručný přehled psychologických přístrojových metod od historických mechanismů po komplexní systémy využívající prvků umělé inteligence.

Mnoho činností, které dříve musel realizovat psycholog či odborně zaškolená osoba, nyní vykonává počítač a metody jsou tak dostupnější čím dál širšímu okruhu lidí. Otázka je jaká nebezpečí to skrývá. Plošné využívání psychologických testů v historii vedlo k nadužívání až zneužívání<sup>11</sup>. Otázka, kterou by jsme si měli vždy položit, je jaký užitek má testování přinést a následně empiricky zhodnotit jaký užitek to doopravdy přineslo.

<sup>10</sup> obrázek převzat z <http://www.cassys.cz/>.

<sup>11</sup> Například testování tzv. obecných dispozic ke studiu, dle známého kognitivního psychologa R. Sternberga, předikuje školní úspěšnost jen v prvním ročníku, takže se v podstatě zcela mýjí svým předpokládaným účinkem, kterým je vybrat budoucí úspěšné studenty.

## V. REFERENCES

- [1] E. J. Haupt, and T. B. Petera, „Museum of the history of psychological instrumentation The Eduard Zimmermann Catalog of 1903, Montclair State University, Upper Montclair, NJ USA, 1999, [Online]. Available: <http://chss.montclair.edu/psychology/museum/museum.html>
- [2] J. Nejezchleb, „Historie experimentů založených na mžikové prezentaci podnětů,“ Thesis, Dept. of Psychology, Masaryk University Brno, Brno, 2011.
- [3] R. B. Evans, “Titchener’s Photo Album: An Important Source on Early Psychological Instrument Makers” The Virtual Laboratory, Department of Psychology, East Carolina University, USA, 2003.
- [4] O. Gróschlová, “Systém péče o zdraví ve firmě Baťa a.s. Zlín do roku 1945,“ Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Škola veřejného zdravotnictví Praha, Zlín, 1999.
- [5] D. Vobořil, “Experimentální přístrojové metody v psychologických laboratořích na přelomu 19. A 20. Století: Klasifikace a komparace,“ Ph.D. dissertation, Dept. of Psychology, Masaryk University Brno, Brno, 2003.
- [6] M. Hunt, “Dějiny psychologie,“ Praha, Portál, 2010, p. 705.
- [7] M. Caha, “Analýza vodivosti kůže,“ Bachelor’s Thesis, Dept. of Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Communication, Brno University of Technology, Brno, 2011.
- [8] V. Eck, „Bionika,“ Vydavatelství ČVUT, Praha, 1998.
- [9] H. Yoshikawa, M. Kitamura, and M. Takahashi, „Development of Biocybernetic Analysis System (BIOCYS) for MMI -Related Cognitive Factor Analysis,“ Institute of Atomic Energy, Kyoto University Press, Japan, 1985.
- [10] M. Novák, „Interakce s lidským subjektem - Přehled problematiky,“ Výzkumná zpráva č. LSS 133/02, Laboratoř spolehlivosti systémů FD ČVUT a ÚI AV ČR, Praha 2002.