

Analýza úlohy kognitívnych zdrojov v odhadoch trvania času

An analysis of the role of cognitive resources in the estimation of a time

Pavol Kačmár¹

¹Katedra psychológie, Filozofická fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Abstrakt

Čas je v našom živote všadeprítomný. Hlavným cieľom tejto prehľadovej štúdie je preto prediskutovať tak širší historický kontext, ako aj súčasné empirické zistenia, spájajúce náš zmysel pre čas s kognitívnymi procesmi, obzvlášť exekutívnymi funkciami. V príspevku sa zameriavame na tri mnohokrát postulované jadrové exekutívne funkcie (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000). Okrem toho sa pokúšame reflektovať súčasné metodologické a koncepčné limity a zdôrazniť potenciálny prínos aktuálnej reconceptualizácie exekutívnych funkcií (Friedman & Miyake, 2017) k problematike. Spomínaná reconceptualizácia poukazuje pri odhadoch trvania skôr na dôležitosť všeobecného faktoru exekutívnych funkcií než na jednotlivé jadrové exekutívne funkcie. Následne rozpracúvame otázku, týkajúcu sa toho, akú úlohu môžu hrať v odhadoch trvania vedomé myšlienky v najširšom zmysle slova (Phillips, 2012). Na pozadí uvedeného sa taktiež pokúšame hľadať miesto psychológie v súčasnom interdisciplinárnom kontexte výskumu subjektívneho času.

Kľúčová slova: psychológia času, vnímanie času, posudzovanie trvania času, vnútorné hodiny, kognitívna záťaž, exekutívne funkcie

Abstract

From waiting for the web-page to load to the estimation of how long have somebody been stuck in a traffic jam, time is a profoundly ubiquitous in our daily life.

However, in some instances, a striking difference between objective time and subjective perception of a time can be found. Such discrepancy is studied by a psychology of time. Despite the past decline in interest, in the present, a renaissance of attempts to corroborate this issue can be seen (Hancock & Block, 2012) with interdisciplinary overlap (Block & Zakay, 2001).

In spite of the plethora of research avenues that have emerged (Block & Zakay, 2001; Block, Grondin, & Van Rijn, 2014; Grondin, 2010; Mareš, 2010), the main aim of the present review is to discuss one specific line of research - time estimation in the context of cognitive load.

¹ Korespondenční autor: Pavol Kačmár, Katedra psychológie, Filozofická fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Moyzesova 9, 040 59 Košice
E-mail: pavol.kacmar@upjs.sk

Therefore, the ample body of evidence connecting estimation of subjective time to the metaphorical „internal clock“ and its further relation to cognitive processes, especially, executive functions, is discussed.

In the beginning, selected task dedicated for time estimation (time reproduction, time production, method of comparison and verbal estimation) and their variants; the time scale (short vs. long intervals) and related differences between time perception and time estimation; as well as paradigm of estimation - retrospective timing (estimating passing of a time from memory) and prospective timing (experiencing the passage of time) are depicted in relation to cognitive factors.

Likewise, the way in which time is coded in our brain (dedicated and intrinsic models); specific neural correlates of the processing of time (e. g. prefrontal cortex; basal ganglia, cerebellum); as well as selected influential psychological models are further analyzed in the context of the broader role of cognitive factors.

Specifically, variety of models are discussed (from Piéron's approach; Francois's corroboration; Hoagland's & Treisman's models; and Scalar expectancy theory to Attentional gate model and its recent modification, Executive gate model).

Consequently, in the context of recently emerged body of evidence related to the role of cognitive factors in the time estimation (e.g. Bartholomew, Meck, & Cirulli, 2015; Block, Hancock, & Zakay, 2010; Brown, Collier, & Night, 2013; Brown, Johnson, Sohl, & Dumas, 2015; Fortin, Schweickert, Gaudreault, & Viau-Quesnel, 2010; Lovaš & Kačmár, 2016; Mioni, Stablum, McClintock, & Grondin, 2014; Ogden, Salominaite, Jones, Fisk, & Montgomery, 2011; Ogden, Wearden, & Montgomery, 2014; Radua, Pozo, Gómez, Guillen-Grima, & Ortuño, 2015; Viau-Quesnel & Fortin, 2014; Zakay & Block, 2004), the role of executive functions (Diamond, 2013) in human prospective timing is analyzed. Specifically, the role three often postulated core executive functions (Shifting, Inhibition, and Updating; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000); as well as their common factor in the more recent reconceptualization of executive functions (Friedman & Miyake, 2017) are further evaluated.

Crucially, our analysis points out to the prominent role of a common executive factor (Friedman & Miyake, 2017) in human prospective timing and implications that can be derived. Such pattern of results is further corroborated and a call for a reevaluation of classical internal clock models is stressed. Moreover, one reconceptualization of internal clock on the psychological level of analysis is proposed and the role of conscious thoughts in prospective time estimation, as proposed by Phillips (2012), is discussed.

Keywords: psychology of time, time perception, time estimation, internal clock, cognitive load, executive functions

Úvod a stručné načrtnutie kontúr psychologického výskumu času

Čo je to čas? Túto otázku sa spýtali aj Augustína z Hippa. Odpovedal: „viem to veľmi dobre“. V zapätí však pohotovo dodáva: „...aspoň pokiaľ sa ma na to nik nespýta. Pokiaľ áno, a ja som nútený odpovedať, som bezradný“ (citované podľa Friedman, 2008, s. 345).

V súlade s týmto pozorovaním možno i po 1600 rokoch nájsť v APA slovníku psychológie pri hesle čas to, že sa javí tak abstraktný a zároveň tak fundamentálny, že nebola formulovaná žiadna jeho uspokojivá definícia (VandenBos, 2015).

Bez ohľadu na nastolený problém je však čas neoddeliteľne spätý s našimi životmi. Je subjektívne prežívaný a odhadovaný. V slovníku sa takto ponímaný čas uvádza pod heslom psychologický čas (VandenBos, 2015).

Psychologický alebo taktiež subjektívny čas je predmetom skúmania psychológie času, ktorá predstavuje vplyvnú oblasť psychologickéj vedy s bohatou históriou (Hancock & Block, 2012). V snahe o načrtnutie jej hrubých kontúr možno vymedziť štyri, respektíve päť hlavných období. Konkrétne sa jedná o obdobie predchádzajúce vedeckému štúdiu vnímania času, trvajúce do roku 1890; obdobie objavenia záujmu o vedecké štúdium času, trvajúce do roku 1926; obdobie úpadku záujmu o štúdium času, trvajúce do roku 1958 a moderné obdobie (Block & Zakay, 2001; Hancock & Block, 2012; Roewecklein, 2008). Moderné obdobie sa dá ďalej špecifikovať na ďalšie dve – počiatočné moderné obdobie a súčasné obdobie (Mareš, 2010). Pri posledných dvoch obdobiach sa na chvíľu zastavíme.

Prvé z moderných období možno charakterizovať renesanciou výskumného záujmu po úpadku, ktorým boli charakteristické tridsiate až päťdesiate roky minulého storočia. Pri analýze toho, čo tento úpadok podmienilo možno spomenúť viacero faktorov, ktoré je dobré reflektovať. Prvý z nich je spätý rozvojom behaviorizmu, ktorý opomínal subjektívnu skúsenosť úzko spätú s časom (Hancock & Block, 2012; Mareš, 2010). Nejde ale o jediný faktor, ktorý by si zasluhoval zmienku. Možno taktiež spomenúť nedostatočnú snahu o preskúmanie mechanizmov stojacich v pozadí subjektívneho času a rýchle vyčerpanie tém skúmania, ktoré prebiehalo bez hlbšej snahy o napojenie sa na hlavný prúd psychologického bádania (Block & Zakay, 2001; Hancock & Block, 2012). Týmto problémom sa pokúsime vyhnúť.

Druhým moderným obdobím je súčasnosť. Jej počiatok možno situovať do prelomu milénia. Kľúčovým sa tu javí predovšetkým využívanie rozmanitých zobrazovacích metód, interdisciplinarita a multidimenzionalita výskumu a s tým späté rozšírenie výskumného záberu, počnúc neuronálnym a končiac sociálnym rozmerom (Block & Zakay, 2001; Block, Grondin, & Van Rijn, 2014; Grondin, 2010; Mareš, 2010). Túto multidisciplinaritu sa budeme snažiť reflektovať a hľadať miesto psychológie v rámci jednej špecifickej výskumnej línie, ktorou je odhad trvania času v kontexte kognitívnej záťaže.

Keďže je však táto téma v našej proveniencii málo rozpracovaná, v úvode sa aspoň stručne pristavíme pri nevyhnutných metodologických špecifikách.

Metodologické špecifiká

Prvým metodologickým aspektom, ktorý je potrebné zdôrazniť je to, že psychológia času využíva rôzne metódy odhadu trvania. Medzi základné patria metóda verbálneho odhadu, reprodukcie, produkcie a porovnania intervalov (Grondin, 2010).

Súčasnú štúdiu tu naznačujú, že využitie tej-ktorej metódy a jej konkrétneho variantu má vplyv na presnosť odhadov (Block, Hancock, & Zakay, 2010; Ogden, Wearden, & Montgomery, 2014), čo môže úzko súvisieť s kognitívnymi procesmi, ktoré tá-ktorá metóda zachycuje. Napríklad pri metóde reprodukcie je nutné časový interval, ktorý je ohraničený zobrazením určitých podnetov,

udržať v pracovnej pamäti a následne reprodukovať príslušným úkonom, ako je stlačenie tlačidla. Naproti tomu, pri metóde produkcie už nie je pracovná pamäť zahrnutá až v takej miere. Úlohou účastníkov je tu určitým úkonom odhadnúť trvanie intervalu, ktorý je predtým vymedzený slovné.

Ako naznačuje Obr. 1, okrem toho je nevyhnutné rozlišovať posúdenie trvania, ktoré sú prospektívne (zamerané na budúcnosť) a retrospektívne (zamerané na minulosť). V retrospektívnej paradigme (zapamätané trvanie) si účastníci nutnosti odhadu trvania času vedomí nie sú. Sú naň opýtaní až po danej udalosti, ktorej trvanie odhadujú spätne. Naopak, v prospektívnej paradigme (skúsenostné trvanie) si účastníci nutnosti posúdenia trvania určitého časového intervalu vedomí sú a očakávajú ho. Na plynutie času sa (viac alebo menej) vedome zameriavajú a aktívne ho prežívajú (Block et al., 2010; Grondin, 2008, 2010; Zakay, 2012).

Obr. 1 Odhady trvania v rámci dvoch paradigiem



Extenzívna meta-analýza 117tich experimentov Blocka et al. (2010) pri týchto dvoch paradigách potvrdila rozšírený predpoklad zapojenia rôznych kognitívnych procesov. Pri retrospektívnej paradigme sú využívané predovšetkým pamäťové procesy. Kognitívna záťaž spôsobuje, že daný interval trvá subjektívne dlhšie než je jeho objektívne trvanie (reprodukcia alebo slovný odhad sú dlhšie). Pri prospektívnej paradigme, kde sa ukazujú byť primárne predovšetkým procesy pozornostného charakteru, pôsobí kognitívna záťaž opačne – čas beží subjektívne rýchlejšie. Odhady trvania prostredníctvom slov alebo reprodukcie daného intervalu sú kratšie, než je ich objektívne trvanie².

Do tretice je potrebné zdôrazniť aj dĺžku časových intervalov. Spomenutá meta-analýza napr. pracovala iba so štúdiami, ktoré využívali časový interval nad 3s. Tento aspekt zachycuje aj zaužívaná terminológia. Napriek tomu, že niektorí autori využívajú termíny *posudzovanie trvania času* (*time estimation*) a *vnímanie času* (*time perception*) ako voľne zameniteľné synonymá, viacerí ich striktné diferencujú. Termín *posudzovanie času* je napr. Fraisseom (1984) rezervovaný pre časové intervaly, presahujúce dĺžku troch sekúnd. Toto terminologické vymedzenie má hlbšiu podstatu.

² Pri metóde produkcie je tomu kvôli charakteru úlohy – slovné prezentované trvanie je vybavené z pamäti a až potom je uskutočňovaný odhad – zdanlivo naopak a odhady sú dlhšie než objektívne trvanie.

Vnímání času (time perception) je založené na subjektívnej prítomnosti, mechanizme, ktorý integruje senzorické vstupy do celostnej skúsenosti, časového geštaltu (Ulbrich, Churan, Fink, & Wittmann, 2007). Pri dlhších intervaloch sa však už zvykne hovoriť o *posudzovaní trvania* (time estimation). Dôraz je tu kladený na rolu kognitívnych procesov. Dokumentujú to napr. výsledky výskumu Ulbrichta et al. (2007), poukazujúce na to, že sa špecifický efekt pracovnej pamäti preukázal pri posúdení dlhších intervalov, nie však pri tých kratších (1-2s).

V tejto súvislosti je však potrebné zdôrazniť, že túto hranicu vymedzujú rôzni autori odlišne, a to v rozmedzí 0,5-7s (Švancara, 2006). Napríklad v súvislosti so štúdiami, ktoré vychádzajú z neurovedných prístupov je frekventované rozlíšenie hranice na pod/nad jednu sekundu (Wiener, Turkeltaub, & Coslett, 2010).

Na to, aké rozdiely sa tu v rámci zapojenia jednotlivých oblastí mozgu nachádzajú, sa zamerala meta-analýza, skúmajúca 446 oblastí zachytených 41 zobrazovacími štúdiami (Wiener et al., 2010). Jej výsledky poukázali na vyššiu pravdepodobnosť aktivácie subkortikálnych oblastí pri intervaloch kratších než sekunda. Naopak, pri dlhších intervaloch bola väčšia pravdepodobnosť aktivácie kortikálnych oblastí, akou je (pravý) prefrontálny kortex.

Okrem rozmanitých oblastí mozgovej kôry rôzne štúdie preukázali taktiež zapojenie ďalších štruktúr, ako sú bazálne gangliá a mozoček (Allman, Teki, Griffiths, & Meck, 2014; Grondin, 2010). Namiesto vymedzenia jednotlivých oblastí³ sa však zameriame na inú úroveň analýzy.

Spôsob, prostredníctvom ktorého je v mozgu kódovaný čas

V rámci snahy o vymedzenie toho ako mozog kóduje čas možno vyčleniť dva všeobecné prístupy (Irvy & Schlerf, 2008).

Prvý reprezentujú modely, ktoré pri spracovaní časovej informácie nepredpokladajú nutnosť existencie špecializovaného systému mozgu. Podľa týchto prístupov je čas kódovaný napríklad na základe vnútornej dynamiky neuronálnych mechanizmov, s ktorých podstatou fungovania je neoddeliteľne spätý (Irvy & Schlerf, 2008). Limitáciou takýchto prístupov však môže byť, že nie sú dostatočne prepojené s kognitívnymi aspektami, a preto ťažšie zachycujú komplexné situácie tak, ako sa vyskytujú v bežnom živote (Maniadas & Thrahanias, 2014).

Druhý rámec reprezentujú modely, ktoré sú modulárne a predpokladajú existenciu určitých špecializovaných mechanizmov, ktoré možno lokalizovať. V tomto prípade môže ísť o prístupy, ktoré sú zamerané na hľadanie konkrétnej štruktúry zodpovednej za zmysel pre čas. Môže ísť taktiež o prístupy, hľadajúce aktivitu naprieč komplexnejšou neuronálnou sieťou, stále však s dôrazom na špecializáciu jednotlivých komponentov zmyslu pre čas. Niektoré oblasti môžu byť pre čas špecifické viac (ako napr. funkcia vysielacza pulzov), iné menej (ako napr. pracovná pamäť) (Irvy & Schlerf, 2008). Ide pritom o staršiu a stále vplyvnú skupinu prístupov. Ich limitom je však problematickosť vysvetlenia niektorých javov, ktoré lepšie vysvetľuje prvý zmienený prístup. Jedná sa napr. o rozdiely časových odhadov v závislosti od senzorickej modality (Maniadas & Thrahanias, 2014).

Napriek zjavnej heterogenite tieto dva druhy prístupov nemusia byť koncepčne antagonistické, pokiaľ sú aplikované naprieč časovým kontinuom spomenutým vyššie. Druhý rámec (prístupy predpokladajúce existenciu špecifických modulov) môže byť vhodnejší skôr pre vysvetlenie

³ Čitateľa, ktorý sa zaujíma o túto rovinu analýzy odkazujeme napr. na prácu autorov Allman et al. (2014).

posúdenia dlhších intervalov, zatiaľ čo prvý rámeček (čas ako súčasť neuronálnej dynamiky) môže byť vhodnejší pre vysvetlenie vnímania krátkych intervalov (Irby & Schlerf, 2008).

Napriek zjavnej dominancii neurovedných prístupov v rámci súčasného výskumu subjektívneho času je potrebné zdôrazniť, že psychológia prispela k výskumu tohto javu nielen v minulosti, ale sme presvedčení, že k nemu môže prispieť aj v súčasnosti (Allman et al. 2014; Wearden, 2013). Akcentuje to úvodný článok Weardena (2013) k špeciálnemu číslu časopisu *Neuropsychológia* zameraného na to, ako mozog spracováva čas. Wearden v ňom zdôrazňuje do akej malej miery využíva kognitívna neuroveda psychologické príspevky k tejto téme. Podľa jeho tvrdení je to na škodu, keďže práve psychologické výskumné metódy a teoretické modely môžu byť v analýze nášho zmyslu pre čas kľúčové (Wearden, 2013).

Jedným z hlavných príspevkov psychologického skúmania času posledných tridsiatich rokov sa stali modulárne modely, predpokladajúce existenciu tzv. „vnútorných hodín“. Ide o základný mechanizmus, ktorý nám umožňuje „tikat“ (Wackermann, 2011; Wearden, 2013). Hľadanie tohto „svätého grálu“ výskumu subjektívneho času (ako to výstižne pomenoval Wackermann, 2011) pritom pokračuje doposiaľ (pozri napr. Allman et al., 2014).

Psychologické modely skúmania času

Prvé takéto modely predpokladali dôležitosť biologických procesov. Pri stopovaní praotca myšlienky predpokladajúcej existenciu vnútorných hodín takéhoto charakteru možno ísť až do roku 1923. H. Piéron, ako jeden z prvých, vyslovil predpoklad existencie vzťahu medzi vnímaním času a fyziologickými procesmi, špecifickejšie, telesnou teplotou. V nadväznosti na neho uvedený vzťah experimentálne overoval v roku 1927 jeho žiak M. François a neskôr v roku 1933 Hoagland (Block & Zakay, 1996; Brown, 2008).

Hoaglandov koncept chemických hodín predpokladal, že vnútorné hodiny sú prostredníctvom chemických procesov priamo determinované telesnou teplotou (Block & Zakay, 1996). Analýza existujúcich výskumov v rozmedzí rokov 1927 až 1993, uskutočnená Weardenom a Penton-Voakom (1995), na existenciu silného vzťahu medzi nárastom teploty a rýchlejšim plynutím času skutočne poukázala. K tomu pravdepodobne dochádza v dôsledku nepriameho teplotného ovplyvnenia úrovne nabitia (Wearden & Penton-Voak, 1995); a/alebo prostredníctvom ovplyvnenia mozgových procesov, zodpovedných za rôzne kognitívne procesy (Block & Zakay, 1996).

Hoaglandov model v r. 1963 následne prepracoval Treisman. Vytvoril tak svoju dobu predstihujúci model, pracujúci s časťami *vysielača pulzov, akumulátora a komparatívneho mechanizmu* (Block & Zakay, 1996; Wackermann, 2011). Podobné komponenty boli v roku 1984 následne Gibbonom, Churchom a Meckom konceptualizované do nového modelu (*Scalar expectancy theory*), ktorý už zaznamenal značný výskumný ohlas.

Spomenutý model predpokladá existenciu troch procesov, respektíve etáp spracovania časovej skúsenosti, a to *fázu vnútorných hodín, pamäti a rozhodovania*. Metaforicky vyjadrené, na začiatku daného časového intervalu sú špeciálnou jednotkou (v origináli *pacemaker*) vysielané pulzy, ktoré sú *akumulované* pri aktivovanom *spínači*, ohraničujúcim začiatok a koniec odhadovaného časového intervalu. Aktuálne nazhromaždené pulzy v pracovnej pamäti sú potom porovnané s predchádzajúcou informáciou, ktorá je uložená v *referenčnej pamäti*. K danému počtu pulzov

je tu priradená časová nálepka na základe predošlej skúsenosti, čo tvorí podklad pre rozhodnutie o dĺžke trvania daného časového intervalu (Allman et al., 2014; Block & Zakay, 1996; Brown, 2008; Gibbon, Church, & Meck, 1984; Wackermann, 2011, Wearden, 2013).

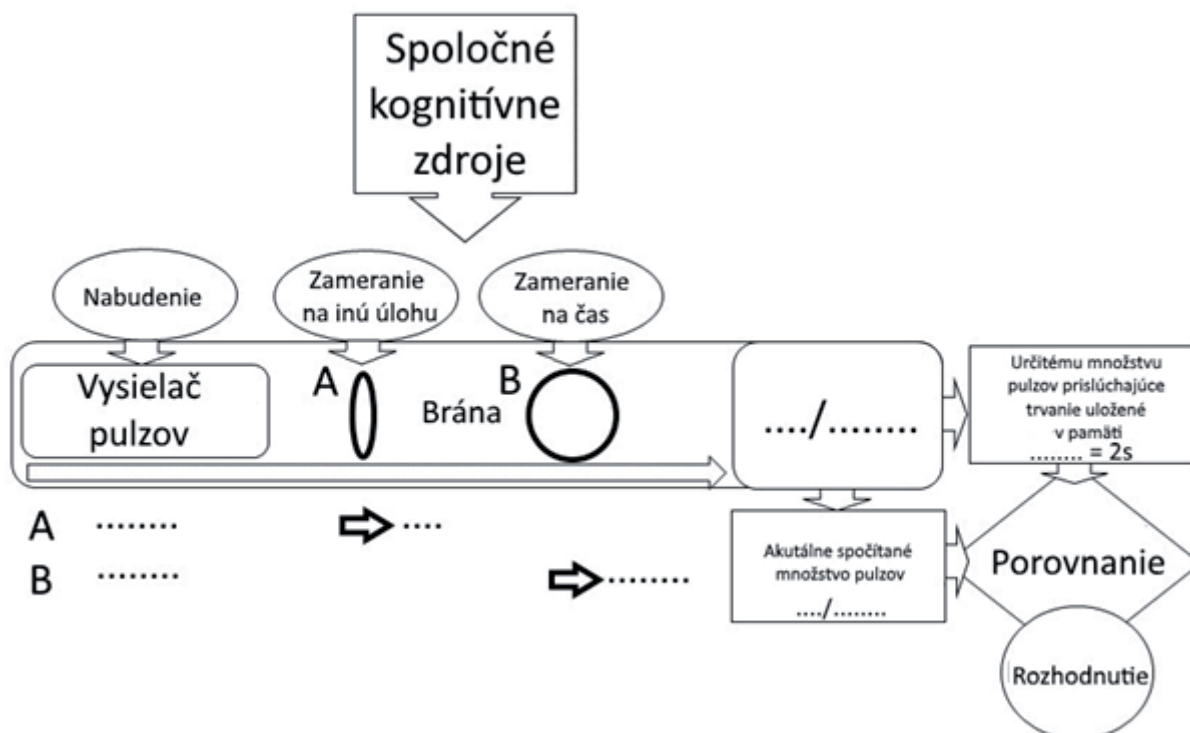
Napriek zjavnej popularite tohto modelu možno na ňom nájsť aj jeho zápory. Patrí medzi ne napríklad to, že ide o relatívne vágnu metaforu, kombinujúcu mechanistické princípy s abstraktnými psychologickými konštruktami (Wackermann, 2011). Ďalšia výčitka sa týka toho, že tento model bol v čase svojho vzniku zameraný na s časom súvisiace vysvetlenie správania sa zvierat, čo pre vysvetlenie ľudského zmyslu pre čas nemusí postačovať.

Kognitívne aspekty vnútorných hodín

Pro psaní příspěvků používejte textový editor MS Word (zašlete ve formátu „doc“, „docx“, případně „rtf“). Strukturu příspěvku zachovejte stejnou jako v tomto vzorovém dokumentu. Dodržujte, prosím, předdefinované vzory, styly a formátování jednotlivých částí článku (název, záhlaví, kapitoly, literatura,...). Mezery za odstavce používejte v případě, že jsou nutné pro oddělení jednotlivých myšlenek.

Pri snahe o aplikáciu tohto modelu na ľudí sa kvôli absencii širšej kognitívnej perspektívy modelu niektorí autori pokúsili o jeho modifikáciu. Dôraz tu bol kladený na explicitné napojenie na výskum konkrétnych kognitívnych procesov, ako je pozornosť (Brown, 2008; Block et al., 2010). Príkladom takéhoto snaženia je *Model pozornostnej brány (Attention Gate Model)* (Block & Zakay, 1996).

Obr. 2 Model pozornostnej brány



Ide o modifikáciu pridávajúcu medzi reťazec vysielčača a akumulátora pulzov komponent, nazývaný *pozornosťná brána*. Metaforicky vyjadrené, v situácii A, kedy sú pozornostné zdroje

zamerané inde, dochádza k zúženiu pomyselnej brány. Dôsledkom je menší počet nakumulovaných pulzov ako by tomu bolo v prípade, keby zdroje mohli byť plne zamerané na čas (situácia B). To vedie k skresleniu odhadu trvania. Fenomenologicky by sa dalo povedať, že subjektívny čas v danej situácii bežal rýchlejšie⁴ (Block et al., 2010; Brown, 2008). Tento jav je odzrkadlený napríklad v prísloví, tvrdiacom, že čas letí, keď sa človek baví (Zakay, 2012). Základné komponenty modelu sú znázornené na Obr. 2.

Spomenuté zhoršenie kvality odhadov trvania vznikajúce v dôsledku zamerania pozornosti na inú úlohu, ktorá nesúvisí s časom, predstavuje fenomén, ktorý je dobre replikovaný (Brown, 2010). Tento jav sa nazýva *interferenčný efekt* (Brown, 2006, 2008).

Dutke (2005) ale v tomto kontexte akcentuje, že procesy, obsiahnuté v metafore zamerania pozornosti na čas/inú úlohu, je potrebné špecifikovať bližšie. Kľúčom k ich identifikácii by mohlo byť to, že pokiaľ sú spoločné zdroje skutočne delené medzi časovú a nečasovú úlohu, vzniknuté ovplyvnenie (interferencia) by malo byť obojsmerné. Znamenalo by to, že nielenže s časom interferuje iná úloha, ale s inou úlohou zároveň interferuje zameranie na plynutie času a kvalita jej riešenia klesá.

Analýzou empirickej literatúry Brown (2006) objavil iba 33 štúdií, ktoré sa na takúto obojsmernosť zamerali. Hlbšia analýza toho, čo by tu mohlo stáť v pozadí, poukázala na dôležitosť vyšších kognitívnych procesov. Obojsmerne interferovali iba úlohy, ako sú čítanie, mentálna aritmetika a pozornosťné úlohy. Opierajúc sa pritom o ďalšie dve roviny argumentácie – koncepčnú a neuro-anatomickú – vyslovil Brown (2006, 2008) predpoklad, že procesy zahrnuté pri posudzovaní času sú vo svojej podstate *exekutívne*.

V súlade s týmto pozorovaním uskutočnili Block et al. (2010) meta-analýzu, skúmajúcu vplyv kognitívnej záťaže na odhady trvania, ktorá v prospektívnej paradigme (odhad času zameraný do budúcnosti) poukázala na dôležitosť práve exekutívnych procesov. Viedlo to napr. k odporúčaniam modifikovať Model pozornostnej brány na *Model exekutívnej brány* (v origináli *Executive-gate model*), kde je brána kontrolovaná vágne definovanou pozornosťou nahradená bránou, ktorá je kontrolovaná *exekutívnymi funkciami*.

Exekutívne funkcie (taktiež nazývané *exekutívna/kognitívna kontrola*; Diamond, 2013) možno charakterizovať ako množinu kognitívnych kontrolných mechanizmov vyššieho rádu. Exekutívne funkcie sú späté s prefrontálnym kortexom mozgu a ich hlavnou úlohou je regulácia dynamiky kognície a činov v rámci na cieľ orientovaného správania sa. K tomuto dochádza prostredníctvom ich vplyvu na kognitívne procesy nižšieho rádu (Friedman & Miyake, 2017). Exekutívne funkcie sú využívané pri zámernej koncentrácii pozornosti, teda v situáciách, kedy nie je možné vykonávať činnosti automaticky (Diamond, 2013).

Z hľadiska štruktúry ich možno charakterizovať tak jednotou, ako aj diverzitou (Friedman & Miyake, 2017; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000). Z hľadiska diverzity možno na základe autorov Miyake et al. (2000) identifikovať 3 mnohokrát postulované (nie však nevyhnutne jediné) jadrové exekutívne funkcie. V terminológii, ktorú využíva Diamondová (2013) ide o *inhibičnú kontrolu, kognitívnu flexibilitu a pracovnú pamäť, respektíve jej aktualizáciu*.

⁴ Subjektívne slovné odhady a reprodukcie intervalov sú kratšie; produkcia je naopak dlhšia než objektívny interval.

Úloha jadrových EF v rámci skreslenia odhadov trvania času

Dané vymedzenie podnietilo plodný výskum, zameraný na to, ktoré jadrové exekutívne funkcie s posudzovaním trvania času zdieľajú spoločné zdroje (napr. Brown, Collier, & Night, 2013; Brown, Johnson, Sohl, & Dumas, 2015; Lovaš & Kačmár, 2016; Ogden, Salominaite, Jones, Fisk, & Montgomery, 2011; Ogden et al. 2014). Výsledky však nepriniesli úplne jednoznačné závery.

Vo všeobecnosti sa síce ukazuje, že skresľovanie odhadov spôsobuje každá z jadrových exekutívnych funkcií (Brown, 2008; Brown et al., 2013; Lovaš & Kačmár, 2016) i tu však možno nájsť výnimky.

Napr. v prípade *kognitívnej flexibility* bolo zhoršenie odhadu trvania pozorované vo výskume Browna et al. (2013) pri produkcii 5s intervalov a úlohe, kde sa mali účastníci zameriavať na globálne charakteristiky úlohy – veľké písmeno; alebo lokálne charakteristiky úlohy – viacero malých písmen, ktoré veľké písmeno tvorili.

K obdobným výsledkom došlo aj viacero iných štúdií. Ovplynenie času sa preukázalo napr. pri úlohe, založenej na princípe striedania odpovede v závislosti od toho, či je prezentované číslo alebo písmeno a reprodukcie dlhších intervalov – 16,5s a 29,7s (Lovaš & Kačmár, 2016) alebo pri úlohe, kde sa mali účastníci zamerať na význam slova alebo farbu, ktorou bolo toto slovo zobrazené a reprodukovať 12 sekundové intervaly (Zakay & Block, 2004).

V štúdiu Ogdena et al. (2011) síce vzrástla variabilita subjektívnych odhadov trvania, nedošlo ale k ich ovplyvneniu v zmysle ich skrátenia alebo predĺženia oproti objektívnemu trvaniu. Účastníci striedavo odpočítavali a pripočítavali čísla a popri tom produkovali časové intervaly v dĺžke 2s.

Na interferenciu s časom nepoukázala ani štúdia Fortina et al. (2010), a čo viedlo niektorých autorov k interpretácii, že exekutívne funkcie sú heterogénne a kognitívna flexibilita s vnímaním času spoločné zdroje nezdieľa (napr. Viau-Quesnel & Fortin, 2014).

Pri spomínanej problematike sa ale ponúkajú aj alternatívne vysvetlenia. Jedno z nich spočíva v tom, že úlohy využité v štúdiách Ogdena et al. (2011) a Fortina et al. (2010) neboli dostatočne náročné. Viau-Quesnel a Fortin (2014) preto variovali úlohu zo štúdie Fortina et al. (2010) tak, aby bola náročnejšia. Účastníci tu sledovali rad čísel a mali reagovať na základe farby podnetu tak, že odpovedali, či sa dané číslo v rade čísel predtým nachádzalo; alebo odpovedať na to, či šlo o párne alebo nepárne číslo. Možno konštatovať, že ani tu sa nepreukázal špecifický vplyv kognitívnej flexibility na vnímanie času na rozdiel od všeobecného efektu a špecifického vplyvu vyhľadávania v pamäti.

Keďže tieto výskumy pracovali s produkciou relatívne krátkeho trvania - dve sekundy, kľúčovým tu môže byť práve toto trvanie. Dôvodom, prečo by mohlo ísť o podstatný faktor je napr. to, že štúdia Lovaša a Kačmára (2016), využívajúca rôzne dĺžky zaťaženia, poukázala na to, že zaťaženie každej z jadrových exekutívnych funkcií, a teda aj kognitívnej flexibility, viedlo pri využití metódy reprodukcie k menej presným odhadom trvania. Došlo k tomu iba pri dlhších intervaloch, nie však pri najkratšom zo skúmaných intervalov (3,3s).

Takáto interpretácia by navyše bola v súlade s predpokladom zapojenia vyšších kognitívnych procesov až pri odhade dlhších intervalov (Ulbricht et al., 2007), ktoré spomíname vyššie. Treba zdôrazniť, že by bola taktiež v súlade s inými štúdiami, kde sa vplyv kognitívnej flexibility na trvanie času nepreukázal. Príkladom je trvanie 5s v štúdiu Browna et al. (2013) alebo 12s v štúdiu Zakaya a Blocka (2004).

Samozrejme, nemusí ísť o jediný faktor, ktorý tu zohral svoju rolu. Fortin et al. (2010) poukázali na interferenciu s úlohou vyhľadávania v pamäti, zaťažujúcou pracovnú pamäť. Je preto možné, že tu boli v hre aj iné faktory, ktoré súvisia s danou úlohou. Posúdenie trvania sa totiž ukazuje byť veľmi citlivé na rôzne aspekty (Matthews & Meck, 2014).

Takéto uvažovanie naberá na váhe ak vezmeme do úvahy, že úlohy, využívané pri exekutívnych funkciách, sú mnohokrát komplexné a zachycujú taktiež rôzne neexekutívne procesy, na báze ktorých operujú (tzv. *impurity problem*) (Miyake et al., 2000). Možno preto vysloviť názor, že práve to sťažuje nielen porovnanie výsledkov naprieč rôznymi štúdiami, ale aj výsledky naprieč rôznymi jadrovými exekutívnymi funkciami v rámci jednej štúdie.

V tejto súvislosti ale nejde iba o komplexnosť úloh, slúžiacich na zachytenie exekutívnych funkcií. Zároveň sa ukazuje, že i samotné metódy odhadu zachycujú exekutívne funkcie v rôznej miere (Mioni et al., 2014; Ogden et al. 2014). Ako príklad tu môže slúžiť vo výskume často využívaná metóda produkcie, pretože ich zachycuje v menšej miere než metóda reprodukcie (Mioni et al., 2014). Navyše i medzi jednotlivými variantami tej ktorej metódy môžu existovať určité rozdiely, ako sa to ukazuje pri metóde reprodukcie (Mioni et al., 2014).

Komplexnosť je ešte umocnená v prípade, ak by sme sa zamerali na spomenutú obojsmernosť vzájomného ovplyvnenia časovej a nečasovej úlohy. Napríklad, zatiaľ čo Brown et al. (2013) vzájomnú interferenciu riešení preukázali pri každej z úloh, Ogden et al. (2011) nie⁵. Jediná úloha zachycujúca jadrové EF, ktorá v tejto štúdii obojstranne interferovala s časom, bola úloha, kde mali účastníci sústavne odčítavať číslo sedem, a tak neustále aktualizovať obsahy pracovnej pamäti. Takýto vzorec výsledkov ale mohol súvisieť aj s ďalšími faktormi, ako je komplexnejšie matematické spracovanie. Okrem toho tu svoju rolu mohli zohrať už spomenuté faktory, ako je rôzna náročnosť úloh alebo aj iné faktory, ako špecifiká meracích nástrojov exekutívnych funkcií, ako sú efekt stropu a podlahy. Popri týchto aspektoch je však potrebné upozorniť ešte na jeden kľúčový problém.

Rekonceptualizácia exekutívnych funkcií a interpretačné dôsledky z toho plynúce

Interpretačný rámec, ktorý využívajú spomenuté štúdie, je založený na vplyvnej štúdii autorov Miyake et al. (2000) z prelomu milénia, ktorá poukazuje na existenciu minimálne troch separátnych jadrových exekutívnych funkcií. Súčasné prístupy v konceptualizácii exekutívnych funkcií sa však na základe nakumulovanej empirickej literatúry od čias postulovania spomínaného modelu rozvinuli. Autori Friedman a Miyake (2017) v snahe o sumarizáciu empirickej literatúry za posledné dekády exekutívne funkcie v kontexte jednoty/diverzity redefinovali.

Spoločný faktor pre všetky jadrové exekutívne funkcie predstavuje schopnosť udržať v mysli príslušné ciele aktívne a následne ich implementovať – využiť pri zostupnej kontrole. Ide tu o kvalitu a následne efektívne využitie reprezentácii cieľov.

Tento spoločný faktor je využívaný pri viacerých úlohách spojených s inhibíciou. *Inhibičná kontrola* preto nevytvára špecifický faktor, stále tu môžu hrať rolu jednotlivé aspekty využitých úloh.

⁵ V štúdií Browna et al. (2013) sa to preukázalo na rýchlosti, nie však správnosti riešenia, štúdia Ogdena et al. (2011) skúmala iba správnosť riešenia.

Naproti tomu, faktor *kognitívnej flexibility* spočíva okrem voľby a implantácie jedného cieľa taktiež v jeho nahradení za iný. Kvôli tomu sa táto jadrová exekutívna funkcia môže objaviť v negatívnom vzťahu voči spoločnému faktoru.

Pri *aktualizácii pracovnej pamäte* dochádza taktiež k nahradzovaniu, nejde tu o aktualizáciu cieľa (spoločný faktor), lebo ten je zachovaný. Aktualizujú sa konkrétne obsahy pracovnej pamäte. Dôležitým sa tu ukazujú taktiež faktory ako vybavovanie si informácií z epizodickej pamäti.

Na základe povedaného preto možno predpokladať, že ak skutočne jestvuje súvislosť medzi vnímaním času a všeobecným faktorom exekutívnych funkcií a ak, ako bolo načrtnuté vyššie, tento faktor zároveň vysvetľuje značnú časť jadrovej exekutívnej funkcie inhibície, budú s časom interferovať predovšetkým úlohy, ktoré inhibíciu zachycujú.

Uvedený predpoklad je v súlade s empirickou literatúrou, kde sa využívala Stroopová úloha. V rámci nej musia účastníci inhibovať zautomatizovanú tendenciu čítať názov farby, keďže ich úlohou je menovať farbu, ktorou je dané slovo vytlačené. Aj keď tieto štúdie poväčšine neskúmali vzájomnú interferenciu, ovplyvnenie trvania času Stroopovou úlohou sa preukázalo viacnásobne (Brown, et al., 2013).

Stále je však možné, že uvedená interferencia vzniká kvôli určitým špecifikám danej úlohy. Ak je ale v odhade trvania kľúčovým spoločný faktor exekutívnych funkcií, mali by s časom obojsmerne interferovať viaceré úlohy, zachycujúce inhibíciu, čím by bol minimalizovaný vplyv konkrétnych charakteristík danej úlohy.

Tento predpoklad je v súlade s výsledkami štúdie Browna et al. (2015). Títo autori vybrali štyri rôzne úlohy, ktoré súvisia s inhibičnou kontrolou. Tieto úlohy pripravili v rôznej náročnosti a administrovali ich tak mladším, ako aj starším účastníkom. Každá zo štyroch úloh⁶ vykazovala s vnímaním času obojstrannú interferenciu. Navyše, efekt poklesol pri znížení náročnosti úloh.

Okrem toho, u starších účastníkov s vekom nad 60 rokov bol tento efekt silnejší. To je dôležité minimálne z dvoch dôvodov. Po prvé, výskumnými subjektami predošlých štúdií boli predovšetkým vysokoškolskí študenti, u ktorých je možné predpokladať v porovnaní so širšou populáciou lepšie exekutívne funkcie. Po druhé, keďže sa exekutívne funkcie zhoršujú s vekom, tento vzorec výsledkov poukazuje na ich rolu v posúdeniach trvania.

Ak by sme načrtnutú myšlienku rozvádzali ďalej, mohli by sme uvažovať nasledovne. Pokiaľ by bol predpoklad kľúčovej roly spoločného faktoru exekutívnych funkcií pravdivý, znamenalo by to, že budú s posudzovaním trvania obojstranne interferovať aj úlohy, zachycujúce aj iné jadrové exekutívne funkcie. Aspoň do určitej miery. Dôvodom je, že každá z nich tento spoločný faktor zdieľa. Takýto predpoklad je v súlade s výsledkami štúdie Browna et al. (2013). Títo autori využili rôzne úlohy, zachycujúce tú-ktorú jadrovú exekutívnu funkciu. Manipulovali taktiež mierou zamerania pozornosti na túto úlohu, alebo plynutie času. Výsledky ukázali, že každá z využitých úloh skutočne obojstranne interferovala s časom⁷.

Do tretice, ak by sme šli v rozvádzaní implikácií ešte ďalej, s odhadmi času by mali viac súvisieť úlohy, ktoré spoločný faktor exekutívnych funkcií zdieľajú vo väčšej miere. Takýto vzorec výsledkov je v súlade so štúdiou autorov Bartholomew et al. (2015), ktorí využili rozsiahlejšiu batériu kognitívnych testov a administrovali ju heterogénnemu výskumnému súboru, ktorý tvorilo

⁶ Šlo o Flanker task, Number-letter task, Go/no-Go task a Antisaccade task.

⁷ Ako to bolo spomenuté vyššie, ovplyvnenie kvality riešenia úloh zameraním sa na plynutie času sa síce nepreukázalo na úrovni správnosti riešenia, preukázalo sa ale na úrovni rýchlosti tohto riešenia. Obzvlášť, ak bol zahrnutý faktor rôznej miery zamerania pozornosti na časovú/nečasovú úlohu.

takmer 650 účastníkov. Okrem toho, že poukázali na to, že je zhoršenie kvality posúdenia trvania času v staršom veku úzko súvisiace práve s kognitívny zhoršením, ich výskum priniesol aj ďalšie zistenie. S odhadom trvania tu vo väčšej miere než napríklad statická pracovná pamäť korelovali úlohy, zachycujúce exekutívne funkcie. Okrem toho, všeobecný latentný faktor, tvorený zo všetkých úloh, tu s odhadom času koreloval najviac.

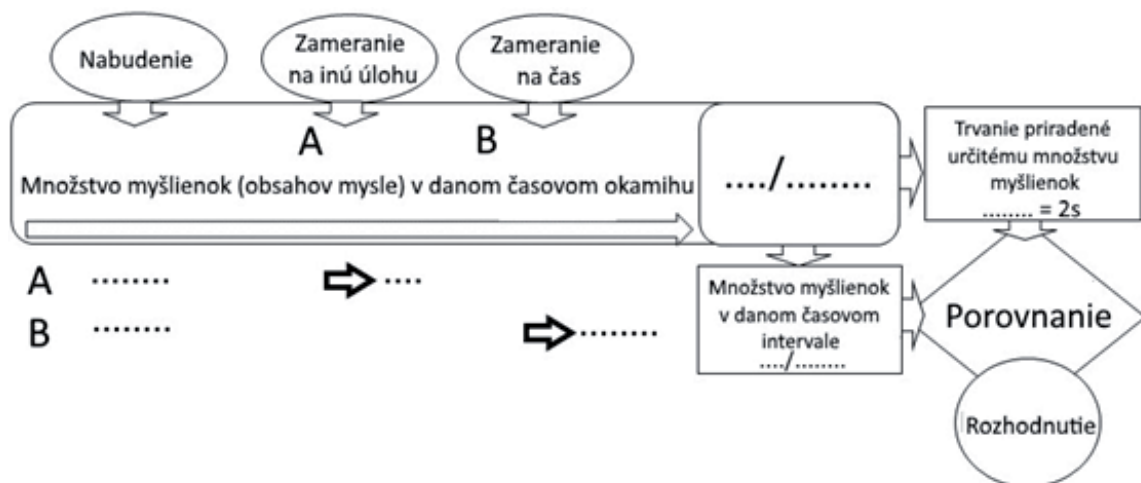
Takýto vzorec výsledkov je navyše v súlade s meta-analýzou autorov Radua, del Pozo, Gómez, Grima, a Ortuño (2014). Táto meta-analýza poukázala na to, že je značný prienik medzi časťami mozgu, ktoré sú aktivované pri rôznych úlohách, zaťažujúcich exekutívne funkcie a tými časťami mozgu, ktoré sú aktivované pri vnímaní času. Ide o spoločnú sieť zodpovednú za kognitívnu kontrolu.

Tu je však potrebné podotknúť, že ak aj prijmeme predpoklad, že je za skreslenie času zodpovedné (predovšetkým, nie však nevyhnutne iba) zaťaženie exekutívnych funkcií, respektíve ich všeobecného faktoru, stále zostáva nezodpovedaná jedna dôležitá otázka. Ako ovplyvňuje uvedený faktor náš zmysel pre čas v kontexte modelov vnútorných hodín?

Rekonceptualizácia vnútorných hodín

Zaujímavý pohľadom na to, ako možno rekonceptualizovať vnútorne hodiny na psychologickej úrovni analýzy v kontexte toho, čo tu bolo povedané, ponúka J. Phillips (2012). Tento autor chápe subjektívne plynutie času ako exekutívnu pozornosť, ktorá je zameraná na vnútorné obsahy – *vedomé myslenie v najširšom zmysle slova*. Kľúčovou mierou plynutia času tu preto nie sú vágne definované metaforické pulzy, ale konkrétne myšlienky, operacionalizované ako množstvo zmien v prúde myslenia jedinca. Pod tým sa rozumejú všetky aspekty nepercepčného myslenia, vrátane predstavivosti a epizodickej pamäti. Wittmann (2013) tu taktiež zdôrazňuje rolu vnútorných telových pocitov.

Obr. 3 Rekonceptualizácia modelu vnútorných hodín



V kontexte kognitívnej záťaže sa preto zdá, že čas letí vtedy, ak je potrebné vykonať v rámci daného cieľa veľa relatívne náročnejších čiastkových mentálnych operácií. Tie však, paradoxne, kvôli svojej náročnosti a preto dlhšiemu trvaniu spracovania, vedú iba k malému množstvu

výsledkov – obsahov mysle. Čas letí taktiež vtedy, ak je človek úlohou tak pohltentý, že ho nezahlcuje jeho vnútorný prežitkový svet.

Naopak, čas sa vlečie vtedy, ak je potrebné vykonať úlohu, ktorá spoločný faktor exekutívnych zdrojov nezachycuje a kde sú všetky kroky plne zautomatizované. To vedie k relatívne väčšiemu počtu obsahov mysle. Okrem toho, mnohokrát sa tu pridávajú myšlienky, ktoré sa primárne netýkajú danej úlohy. O to viac, ak je úloha nudná a človek sa vo svojom vnútornom svete stráca, oddávajúc sa predstavám a pocitom, ktoré v jeho mysli bez dostatočného zamerania sa na inú úlohu voľne plynú.

Záver

Úplne na záver sa možno spolu s Augustínom z Hippa ešte raz spýtať: „Čo je to (subjektívny/psychologický) čas?“. Veríme, že čitateľ má na konci tohto príspevku lepšiu predstavu o tom, ako k tejto otázke pristupuje jedna výskumná línia, dávajúca subjektívne vnímanie času do súvisu s kognitívnymi faktormi a špecificky exekutívnymi funkciami.

Kvôli komplexnosti problematiky však neočakávame, že sa bude odpoveď na vyššie zmenenú otázku výrazne líšiť od tej, ktorú Augustín ponúkol pred vyše 1600 rokmi. To, v čo dúfame však je, že tento článok podnieti hľadanie odpovedí na predostretú otázku aj v našej proveniencii. Dúfame taktiež, že poskytne upozornenie tak na širší historický kontext a miesto psychológie v súčasnom interdisciplinárnom výskume, ako aj na načrtnuté úskalia a výzvy súčasného výskumu, týkajúceho sa toho, aké kognitívne procesy nám dopomáhajú „tikat“.

Literatura

- Allman, M. J., Teki, S., Griffiths, T. D., & Meck, W. H. (2014). Properties of the Internal Clock: First- and Second-Order Principles of Subjective Time. *Annual Review of Psychology* 65(1), 743-771.
- Bartholomew, A. J., Meck, W. H., & Cirulli, E. T. (2015). Analysis of Genetic and Non-Genetic Factors Influencing Timing and Time Perception. *Plos ONE*, 10(12), 1-19.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1996): *Models of psychological time revisited*. In: Helfrich H. (Ed), Time and mind. Kirkland, WA: Hogrefe & Huber, 171 - 195.
- Block, R. A., & Zakay, D. (2001). *Psychological time at the millennium: Some past, present, future, and interdisciplinary issues*. In: Soulsby M. P. & Fraser J. T. (Ed.), Time: Perspectives at the millennium. Westport. CT : Bergin & Garvey, 157 – 173.
- Block, R. A., Grondin, S., & Van Rijn, H. (2014). Timing and time perception: A selective review and commentary on recent reviews. *Frontiers in Psychology*, 5, 156-158.
- Block, R. A., Hancock, P. A., Zakay, D (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica*, 134, 330 - 343.
- Brown, S. W. (2006). Timming and Executive function: Bidirectional interference between concurrent temporal production and randomization tasks. *Memory and Cognition*, 34, 1464 - 1471.
- Brown, S. W. (2008). *Time and Attention: Review of the Literature*. In: Grondin S. (Ed.) Psychology of time, 112 – 125. England: Elsevier Publishers
- Brown, S. W. Collier, S. A., & Night, J. C. (2013). Timing and Executive Resources: Dual-Task Interference Patterns Between Temporal Production and Shifting, Updating, and Inhibition Tasks. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception & Performance*, 39(4), 947-963.

- Brown, S. W., Johnson, T. M., Sohl, M. E., & Dumas, M. K. (2015). Executive Attentional Resources in Timing: Effects of Inhibitory Control and Cognitive Aging. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception & Performance*, 41(4), 1063-1083.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Dutke, S. (2005). Remembered duration: Working Memory and the reproduction of intervals. *Perception & Psychophysics*, 67(8), 1404–1413.
- Fortin, C., Schweickert, R., Gaudreault, R., & Viau-Quesnel, C. (2010). Timing is affected by demands in memory search but not by task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 580 –595.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annu. Rev. Psychol.* 35, 1–36.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex* 86, 186-204.
- Friedman, W. J. (2008). Developmental perspectives on the psychology of time. In: Grondin, S. (Ed.), *Psychology of time*, 345-367. England: Elsevier Publishers
- Gibbon J., Church R. M., Meck W. H. (1984). *Scalar timing in memory*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 423, 52–77.
- Grondin, S. (2008). *Methods for Studying Psychological Time*. In: Grondin S. (Ed.): *Psychology of time*, 51 – 75. England: Elsevier Publishers
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72, 561-582.
- Hancock, P., A., Block, R., A. (2012). The psychology of time: a view backward and forward. *American journal of psychology*, 125, 267-274.
- Irvy, R. B., Schlerf, E. J. (2008). Dedicated and Intrinsic Models of Time Perception. *Trends in cognitive science*, 12, 2008, 273 - 280.
- Lovaš, L., & Kačmár, P. (2016). Cognitive resources that help us tick: recruitment of three often postulated core executive functions in human prospective timing. *Studia Psychologica*, 58(2), 89-104.
- Maniadakis, M., & Trahanias, P. (2014). „Time models and cognitive processes: a review“, *Frontiers in NeuroRobotics*, 8, 1-6.
- Mareš, J. (2010). Člověk a subjektivní čas. *Studia Paedagogica*, 15(1), 9–28.
- Matthews, W., & Meck, W. (2014). Time perception: the bad news and the good. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, 5(4), 429-446.
- Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S., & Grondin, S. (2014). Different methods for reproducing time, different results. *Attention, Perception & Psychophysics*, 76(3), 675-681.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex“frontal lobe”tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.
- Ogden, R. S., Salominaite, E., Jones, L. A., Fisk, J. E., & Montgomery, C. (2011). The role of executive unctions in human prospective interval timing. *Acta Psychologica*, 137, 352–358.
- Ogden, R. S., Wearden, J. H., & Montgomery, C. (2014). The differential contribution of executive functions to temporal generalisation, reproduction and verbal estimation. *Acta Psychologica*, 152, 84-94.
- Phillips, I. (2012). Attention to the passage of time. *Philosophical Perspectives*, 26(1), 277-308.
- Radua, J., del Pozo, N. O., Gómez, J., Guillen-Grima, F., & Ortuño, F. (2014). Meta-analysis of functional neuroimaging studies indicates that an increase of cognitive difficulty during executive tasks engages brain regions associated with time perception. *Neuropsychologia*, 58, 14–22.
- Roeckelein, J. E (2008). *Time History of Conceptions and Accounts of Time and Early Time Perception Research*. In: Grondin S. (Ed.): *Psychology of time*, 112 – 125. Bingley. England: Elsevier Publishers
- Švancara, J. (2006). *Čas jako interpretační kategorie v psychologii*. In: Heller, D.; Mertin, V.; Sobotková, I. (Ed): *Psychologické dny 2006: Prožívání sebe a měnícího se světa: sborník příspěvků z konference*

24. Psychologické dny, Olomouc 2006. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, katedra psychologie ve spolupráci s Českomoravskou psychologickou společností, 1-9.
- Ulbrich, P., Churan, J., Fink, M., & Wittmann, M. (2007). Temporal reproduction: further evidence for two processes. *Acta Psychologica*, 125(1), 51-65.
- VandenBos, G. R. (Ed.). (2015). *APA dictionary of psychology* (Second edition). Washington, DC: American Psychological Association.
- Viau-Quesnel, C., & Fortin, C. (2014). Bivalent task switching and memory load: Similar costs on reaction times, different costs on concurrent timing. *Canadian Journal Of Experimental Psychology = Revue Canadienne De Psychologie Expérimentale*, 68(3), 194-203.
- Wittmann, M. (2013). The inner sense of time: how the brain creates a representation of duration. *Nature Reviews. Neuroscience*, 14(3), 217–223.
- Wackermann, J. (2011). *On Clocks, Models and Methaphors*. In: Vatakis, A., Esposito, A., Giagkou, M., Cummins, F. & Papadelis, G. (Ed.): *Multidisciplinary Aspects of Time and Time Perception*, 246–257.
- Wearden, J. H. (2013). The cognitive neuroscience of time perception: how psychological studies might help to dissect the timing system. *Neuropsychologia*, 51(2), 187–190.
- Wearden, J.H., Penton-Voak, I. (1995). Feeling the heat: body temperature and the rate of subjective time, revisited. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, 129–141.
- Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The image of time: a voxel-wise meta-analysis. *Neuroimage*, 49(2), 1728-1740.
- Zakay, D., & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: An executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 319 –328.
- Zakay, D., (2012). Experiencing time in daily life. *Psychologist*, 25 (8), 578-581.

