Експериментальна психологія

МАТЕМАТИЧНІ ОПЕРАЦІЇ ІЗ СУБ'ЄКТИВНИМИ ЧАСОВИМИ ІНТЕРВАЛАМИ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЧАСОВОГО МЕХАНІЗМУ ІНДИВІДА

Олексій ПОЛУНІН

Copyright © 2010

Актуальність. Час є метафізичною складовою світогляду і наукової парадигми. У часовому вимірі розгортається й інтегрується життєвий досвід індивіда. При цьому винятково важливу роль відіграє часовий механізм людини, який забезпечує сприйняття нею плину часу та уможливлює обробку часової інформації. Свої дослідження певним аспектам моделювання часового механізму, особливостям його функціонування та часовому виміру людського досвіду присвятили П. Фресс, Дж. Веарден, Г.-Г. Гейсслер, Е. Пьоппель, Р. Блок, Д. Цакай, М.Л. Смульсон, Т.М. Титаренко, Б.Й. Цуканов та ін. Попри запропоновані моделі часового механізму **[2; 3; 5; 7; 9; 15; 16; 17]** актуальною залишається **проблема**, яка стосується вивчення особливостей функціонування часового механізму, розуміння специфіки роботи його складових. При цьому певні моделі, наприклад Б.Й. Цуканова **[2; 3]**, яка спирається на власну одиницю часу індивіда ($\tau = t_s / t_o$), не передбачають наявності компонентів моделі. У результаті ускладнюється дослідження етапів обробки інформації в межах такого механізму. Водночас скалярна модель часового механізму **[7; 9]**, модель Томаса **[15; 16]**, модель, що запропонована Блоком та Цакаєм **[5]**, та осциляторна модель **[17]** передбачають наявність певних функціональних блоків у часовому механізмі, кожний з яких є відповідальним за той чи інший крок з обробки інформації.

Отже, дослідження потребує не тільки часовий механізм як ціле, а й особливості функціонування його складових. Це дозволить покращити моделювання часового механізму та зрозуміти особливості обробки інформації у рамках кожного із функціональних блоків механізму. Зазначені особливості не тільки розкриватимуть загальні закономірності сприйняття часу, а й уможливлюватимуть розроблення підходів до впливу на обробку часової інформації і, вірогідно, спричинюватимуть вплив на перебіг часового інтегрування досвіду. При цьому виходимо із тези, що часовий вимір досвіду не тільки впливає на формування самого досвіду, а й стимулює та зреалізовує його цілеспрямоване перетворення. У цій ситуації закономірно виникає потреба в методах, які дадуть змогу досліджувати особливості функціонування часового механізму. Одним із таких методів могло б стати використання математичних операцій із суб'єктивними часовими інтервалами, які і є **предметом** дослідницьких зусиль, докладених у рамках даної статті. Йдеться про додавання, віднімання, ділення та множення суб'єктивних часових інтервалів. Запропоновані математичні операції із часовими інтервалами можуть застосовуватись як окремо, так і поєднуватись у цілісний комплекс залежно від потреб конкретної розвідки і поставлених в експерименті цілей.

Часовий механізм і виконання математичних операцій із часовими інтервалами. Численні експериментальні дослідження, проведені психологами П. Фрессом, Дж. Золтоброцкі, Д.Г. Елькіним, Е. Пьоппелем, Б.Й. Цукановим та багатьма іншими, спираються на використання таких методів, як відтворення, відмірювання та оцінювання часових інтервалів і мають на меті з'ясування особливостей функціонування часового механізму. Однак досить рідко зустрічаються виважені дослідницькі процедури із застосуванням математичних операцій із часовими інтервалами для вивчення роботи часового механізму. Наявні ж радше піднімають питання щодо трансформації часових інтервалів за допомогою мате-

матичних операцій, а не становлять чи, тим більше, розв'язують проблему особливостей функціонування компонентного набору названого механізму. Вони мали б розпалити інтерес до вивчення математичних операцій із часовими інтервалами, проте на сьогодні такі дослідження зустрічаються не часто **[6; 14; 13]**. Одна із причин цього може полягати в тому, що дослідники, зосереджуючи увагу на перетворенні самого часового інтервалу в математичній операції, не звернули увагу на те, що особливості перетворення часового інтервалу в математичній операції можуть розкривати також певні особливості у його функціонуванні.

Суб'єктивний часовий інтервал на сьогодні не можна із впевненістю подати як ціле, натуральне чи комплексне, число. Згідно з фізичною парадигмою його зазвичай задають як натуральне число, однак при цьому ігнорується нетотожність за своєю природою інтервалу фізичного й інтервалу суб'єктивного. Подання суб'єктивного часового інтервалу натуральним числом зумовлене радше фізичною процедурою його вимірювання. Фізичні часові інтервали, як правило, вимірюються в секундах, хвилинах та годинах. І все ж це ніяким чином не гарантує дійсність прийнятих в алгебрі правил для арифметичних операцій з натуральними числами стосовно суб'єктивних часових інтервалів, а також щодо їхньої тривалості, виміряної у секундах. Йдеться саме про суб'єктивний часовий інтервал, про його презентацію в когнітивній системі, а не про його тривалість, виміряну у фізичних одиницях часу, які, безумовно, можна розглядати як натуральне число. Отож виникає питання про те, наскільки доречно застосовувати правила арифметичних операцій для трансформації суб'єктивних часових інтервалів. Першочергово мовиться про відповідність результатів таких операцій тим даним чи наслідкам, що очікуються згідно з правилами Булевої алгебри. З іншого боку, відхилення в результатах математичних операцій із суб'єктивними часовими інтервалами засвідчуватимуть про особливості функціонування часового механізму. Кожна із операцій у властивий для неї спосіб створюватиме специфічне навантаження на часовий механізм і розкриватиме особливості передачі інформації між його компонентами.

Під вивченням арифметичних операцій мається на увазі дослідження таких операцій із часовими інтервалами, як додавання, віднімання, множення, ділення. Експериментальні процедури, в яких реалізовуватимуться зазначені операції із часовими інтервалами, мають певну схожість із традиційним методом відтворення. Відмінність полягає однак у перебігу відмірювання інтервалу-відповіді та в інструкції, за якою обстежуваний змушений не просто відтворювати тривалість продемонстрованого йому стимульного інтервалу, а множити її чи ділити. При цьому для операцій додавання і віднімання можливі два варіанти подання стимулів: а) обстежуваному подаються у фізичній формі обидва інтервали, задіяні у виконанні операції, або ж б) безпосередньо демонструється лише один інтервал, а тривалість іншого наводиться у вербальній формі. Спосіб падання інтервалів-стимулів впливатиме на генерацію референтних інтервалів, задіяних у виконанні операції. Плідність дослідження операцій із часовими інтервалами для вивчення функціонування окремих складових часового механізму та для вивчення побудови часового виміру досвіду вже була продемонстрована нами у попередніх роботах **[6; 13; 14]**. Завдяки запропонованому підходу уможливлюється вивчення ступеня важкості різних операцій із часовими інтервалами, що вказуватиме на задіяні до їх виконання когнітивні процеси. Наприклад, додавання і віднімання цілих чисел описуються в алгебрі як однаково прості операції, а також як операції, які є простішими від множення та ділення. Звісно, що перевірка цього твердження в експериментальному дослідженні розкриватиме справжню суб'єктивну важкість (трудність) виконання даних операцій.

Досліджуючи математичні операції із часовими інтервалами, варто як опорну взяти одну із моделей часового механізму, наприклад, модель Р. Блока та Д. Цакая, так звану модель з воротами уваги (the attentional-gate model) **[5]**, ***рисунок 1.*** Генератор імпульсів, спрямованість уваги, когнітивний лічильник, робоча пам'ять, референтна пам'ять та компаратор є основними компонентами даної моделі. Плин інформації через ці компоненти та їхнє функціонування може вивчатись в експериментах із математичними операціями.

Кожна із складових моделі часового механізму забезпечує певний етап обробки інформації, завдяки чому відбувається, наприклад, відтворення часового інтервалу заданої тривалості. Особливо цікава функція компаратора, який визначає момент закінчення відмірюваного інтервалу. Зауважимо, що роль компаратора подається практично однаково як у моделі Р. Блока та Д. Цакая, так і у

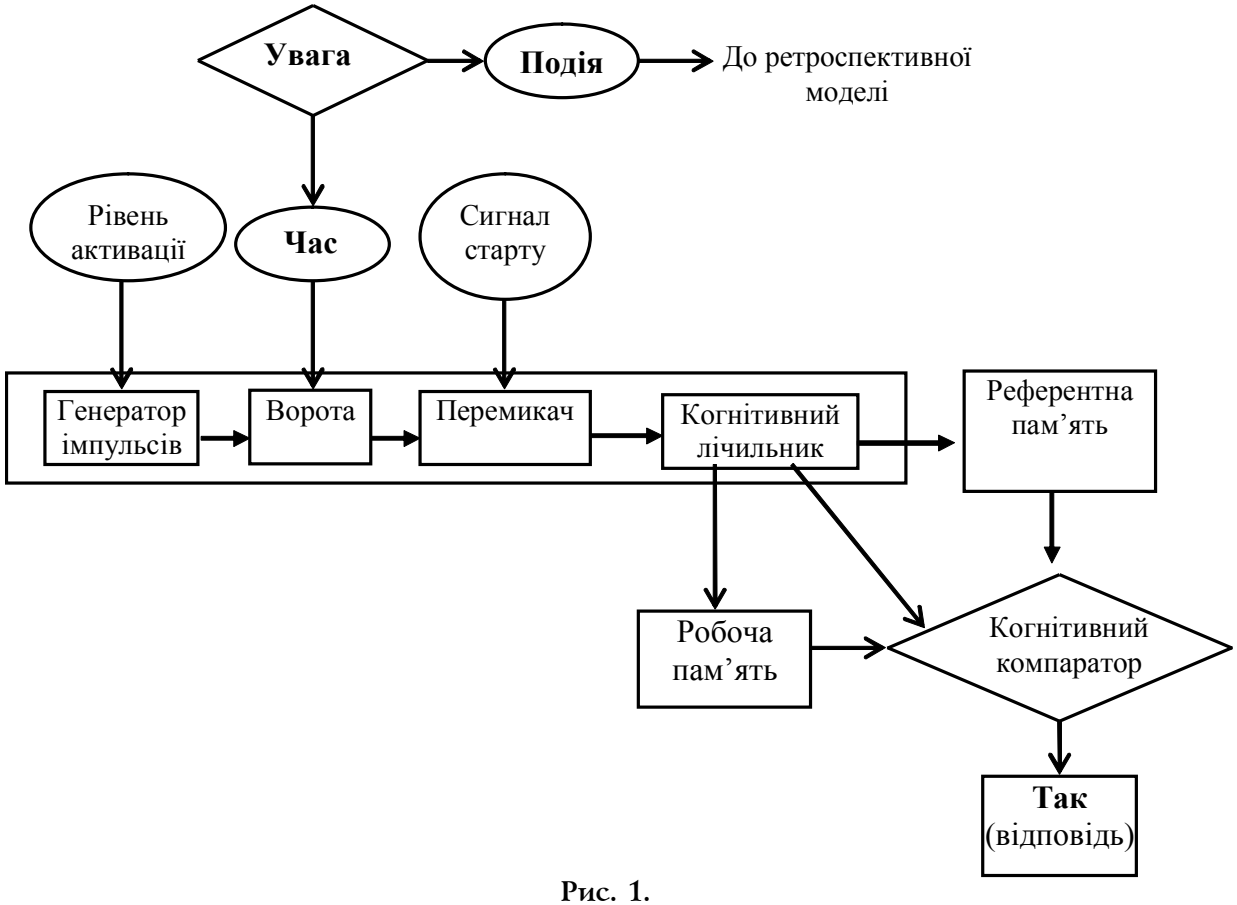

Рис. 1.
Когнітивна модель проспективного відмірювання часу, за Блоком та Цакаєм (R. Block, D. Zakay, 1996)

скалярній моделі часового механізму. При застосуванні традиційних методів, як то відтворення чи відмірювання, компаратор надає команду про припинення відмірювання інтервалу-відповіді за умови приблизної рівності кількості імпульсів, накопичених у робочій пам'яті на даний момент, і кількості імпульсів, які описують інтервал-зразок і надсилаються до компаратора із референтної пам'яті. Формально це виражається нерівністю: $\varepsilon = \geq abs(t-s)/t$, де ε – це поріг чутливості компаратора, s – тривалість цільового інтервалу, тобто інтервалу-зразка, а t – тривалість актуально відмірюваного інтервалу, який має дорівнювати в ідеальному випадку s; вираз "abs" означає абсолютну величину різниці (t-s). Функціонування компаратора однозначно вказує на те, що він *потребує референтний інтервал* для порівняння тривалості відмірюваного інтервалу-відповіді та тривалісті референтного інтервалу. В дослідах із традиційними методами референтна пам'ять зберігає кількість імпульсів, які було акумульовано під час демонстрації інтервалу-зразка (s), він же є цільовим або референтним інтервалом у традиційних експериментах. Однак при математичних операціях референтний інтервал для відмірювання відповіді не задається у безпосередньому вигляді. Питання, власне, полягає у тому, яким чином буде створено та спрямовано до компаратора інтервал, що буде референтним при відмірюванні відповіді для заданої математичної операції?

Таким чином, досліди із математичними операціями мають з'ясувати особливості формування референтних інтервалів когнітивною системою для їх подальшого використання компаратором. Саме відсутність інтервалу, який може безпосередньо надсилатись із референтної пам'яті до компаратора з метою порівняння із актуально відмірюваним інтервалом, є одним із ключових аспектів для вивчення функціонування компаратора. Через порівняння з умовами "звичайного" функціонування компаратора можна встановити, наприклад, чи змінюється чутливість компаратора при інтернальному генеруванні референтного інтервалу, а не через акт сприйняття, як це має місце при відтворенні. Йдеться про головне у цьому розділі питання: чи дійсна рівність:

$\varepsilon_{відтвор} = \varepsilon_{множення}$, та справедливі рівності: $\varepsilon_{відтвор} = \varepsilon_{ділення}$, $\varepsilon_{відтвор} = \varepsilon_{додавання}$, $\varepsilon_{відтвор} = \varepsilon_{віднімання}$?

Експериментально це можна перевірити через порівняння відповідних стандартних похибок, передусім дослідивши дійсність рівності: $\sigma_{відтвор} = \sigma_{додавання}$.

Зазначимо, що різні математичні операції передбачають різні маніпуляції із первинно продемонстрованим інтервалом-стимулом. Зміст таких перетворень визначатиметься сутністю виконуваної операції. При множенні збережений інтервал-зразок має бути трансформований у сторону збільшення відповідно до заданого коефіцієнту множення. Якщо величина останнього не впливатиме на чутливість компаратора, а саме буде дійсним рівняння $\varepsilon_{відтвор} = \varepsilon_{множення}$, то можна буде говорити про високу подібність референтних інтервалів, сформованих через акт сприйняття стимулу-зразка та інтернально сформованого референтного інтервалу. В протилежному випадку слушно вести мову про залежність точності відмірювання від способу формування референтного інтервалу.

Спираючись на модель Р. Блока та Д. Цакая **[5]** ***(рис. 1),*** розглянемо, яким чином можна дослідити особливості функціонування часового механізму. Роль робочої та референтної пам'яті, а також процес довільного розпаду репрезентації стимульного інтервалу, наприклад, при додаванні чи відніманні, може досліджуватися через варіювання інтерстимульного інтервалу (ICI). Тут під ICI розуміємо інтервал, що розділяє два послідовні стимульні інтервали, скажімо, при додаванні чи відніманні. При цьому процеси старіння будуть підсилено виражені у репрезентації першого (S1), а не другого інтервалу (S2). Чим більшим буде ICI, тим більшим має бути розпад репрезентації стимульного інтервалу, і тим меншою має бути точність його відмірювання. Уможливлюється також дослідження додавання стандартних похибок при додаванні інтервалів із різним ступенем розпаду та кінцевий вплив похибок інтервалів-доданків на похибку відмірювання інтервалу-відповіді. Якщо для інтервалів дійсне рівняння A+B=C, а ICI – це інтервал між презентацією стимулів A та B, при цьому $ICI_1 > ICI_2$, то $\sigma_{(A \text{ при } ICI1)} > \sigma_{(A \text{ при } ICI2)}$, а отже, $\sigma_{(A+B \text{ при } ICI1)} > \sigma_{(A+B \text{ при } ICI2)}$. Повнота розпаду другого стимульного інтервалу може контролюватися через введення сигналу початку відмірювання відповіді. Цей сигнал має бути відстроченим відносно моменту завершення другого стимульного інтервалу на відстань більшу за звичайний час підготовки відповіді на задану операцію. За такої експериментальної умови матиме місце також старіння підготованої відповіді, тому що її відмірювання відтерміновуватиметься при збільшенні даного інтервалу.

Різні математичні операції послуговуються різними потоками плину інформації. Так, наприклад, при виконанні операції додавання зв'язок "референтна пам'ять – компаратор" використовуватиметься двічі для передачі інформації про кожний із доданків. Однак при діленні чи множенні інтервалу, а також при класичному відтворенні, зв'язок "референтна пам'ять – компаратор" вживатиметься тільки один раз через те, що виконання операції спирається на єдиний референтний інтервал. При операції віднімання потік інформації також має свої особливості. Зміна порядку подання зменшуваного та зменшуючого (використання прямого чи зворотного порядку) дозволятиме вивчати вплив порядку створення репрезентацій інтервалів-стимулів на формування референтного інтервалу для відповіді. Вплив порядку подачі стимулів на встановлення чутливості компаратора можливо вивчати в досліді, де порівнюватимуться додавання і віднімання із прямим і зворотнім поданням стимульних інтервалів. З іншого боку, при використанні класичного методу відтворення інтервалу виникає певний середній результат відтворення та певна стандартна похибка відтворення **[4; 8; 20]**. Останні відіграватимуть роль базового рівня, з яким порівнюватимуться результати виконання математичних операцій із часовими інтервалами. Дж. Веарден **[18]** також вважає, що кожен компонент часового механізму робить свій характерний внесок у стандартне відхилення відтворюваного чи оцінюваного інтервалу. Відтак середня величина інтервалу-відповіді, його стандартна похибка, а також час потрібний на виконання операції, – це своєрідні ключі до розуміння особливостей функціонування елементів часового механізму та зв'язків між ними.

Арифметичні операції. Розглянемо окремо кожну із арифметичних операцій, з тим щоб продемонструвати її застосування для вивчення особливостей функціонування часового механізму. Операція **додавання** (A+B=C) може описуватись як подвійний цикл відмірювання інтервалу-зразка. При цьому в ролі інтервалів-зразків виступають інтервали-до-

данки – A та B, а інтервал-відповідь має дорівнювати їхній сумі (C). Перебіг виконання операції додавання виглядатиме як подвійний цикл. Спочатку, в першому циклі, відтворюватиметься інтервал A, а його завершення слугуватиме сигналом початку для відтворення другого інтервалу – B. Подвійний цикл при виконанні додавання має проявлятись у збільшенні стандартної похибки інтервалу-відповіді порівняно із стандартною похибкою еквівалентного інтервалу, але при застосуванні традиційного методу відтворення. Якщо математично A+B=C, то для суб'єктивних часових інтервалів має бути справедливим: $\Delta(A+B)/(A+B) > \Delta C/C$, де $\Delta(A+B)$ – це абсолютна похибка відмірювання інтервалу-відповіді при додаванні, а ΔC – абсолютна похибка при відтворенні інтервалу C. Подібним чином ця нерівність подається і для стандартних похибок: $\sigma_{(A+B)} > \sigma_C$. Попередні дослідження **[6]** вказують на користь нерівності A+B > C для часових інтервалів та $\sigma_{(A+B)} > \sigma_C$ для стандартних похибок.

Вплив тривалості інтервалів A та B на результат додавання має складний характер. (1) Якщо інтервали A та B за своєю сумарною тривалістю є коротшими за часовий ресурс робочої пам'яті, то це гарантуватиме найменшу відносну похибку результату додавання. (2) Якщо кожний із інтервалів A та B, взятий окремо, не перевищуватиме часовий ресурс робочої пам'яті, однак за своєю сумарною тривалістю інтервал-відповідь виходитиме за межі часового ресурсу робочої пам'яті, то похибка його відмірювання зростатиме через додаткове навантаження на робочу пам'ять. (3) Якщо один із стимулів-доданків перевищуватиме часовий ресурс робочої пам'яті (біля 20 сек), це має виявлятися в додатковому компоненті похибки відмірювання та у величині середньої тривалості інтервалу-відповіді. (4) Якщо кожний із інтервалів-доданків перевищуватиме часовий ресурс робочої пам'яті, то це проявлятиметься у найбільшій похибці відтворення інтервалу-відповіді. Особливості розподілу похибки відтворення інтервалу-відповіді відображуватимуть при цьому внесок робочої пам'яті у точність обробки часової інформації.

З іншого боку, порядок демонстрації додаваних інтервалів-стимулів у сенсі "коротший + довший" або, навпаки, "довший + коротший" також матиме вплив на похибку відмірювання інтервалу-відповіді. Це спричинятиметься різним порядком настанови чутливості компаратора, а отже, і різною кінцевою чутливістю при відмірюванні інтервалу-відповіді. При послідовності інтервалів-доданків "довший + коротший" варто очікувати меншу похибку відмірювання інтервалу відповіді, яка до того ж може залежати від різниці у тривалості інтервалів-доданків: $\varepsilon_i = f(\varepsilon_{i-1})$, $\varepsilon_i = f(t_i - t_{i-1})$. Враховуючи дію двох факторів: а) порядку демонстрації стимулів, "довший + коротший" чи "коротший + довший", та б) величину розбіжності між доданками ("довший – коротший"), можна за допомогою відповідної комбінації стимулів досліджувати перехідні процеси у настанові чутливості компаратора. При цьому перехідні процеси у такій настанові розглядаються з перспективи методу заміни задачі, який описано С. Монзеллем **[12]**. Залежність чутливості компаратора при генеруванні інтервалу-відповіді для послідовності стимулів "коротший + довший" найкраще описати функцією: $\varepsilon_{Resp} = f(\varepsilon_д, \varepsilon_к)$, де $\varepsilon_д = f(\varepsilon_к)$. У випадку послідовності "довший + коротший" маємо: $\varepsilon_{Resp} = f(\varepsilon_к, \varepsilon_д)$, де $e_к = f(\varepsilon_д)$. У такого роду дослідженні варто брати до уваги не тільки вплив попередньої чутливості компаратора на наступну, а й дію його чутливості на тривалість відмірюваного інтервалу, яку було продемонстровано Дж. Веарденом **[19]**.

При виконанні операції **віднімання** (A-B=C) інтервал-зразок для відмірювання відповіді є первинно відсутнім. До того ж він не може бути отриманий у спосіб, подібний як при додаванні – через повторене відтворення тривалості кожного із інтервалів-стимулів. Отож інтервал-зразок для відповіді має бути інтернально підготовлено та надіслано до компаратора. Обстежуваний вимушений спочатку активізувати репрезентації інтервалів-стимулів у робочій пам'яті (число і темп рахування діють як репрезентація інтервалу)[1]. Активуються також правила виконання операції віднімання та застосовуються до репрезентацій інтервалів A і B, у результаті чого вираховується тривалість інтервалу-відповіді C. Маючи чисельну репрезентацію інтервалу-відповіді, розпочинається її відмірювання. Важливе при цьому збереження обстежуваним темпу внутрішнього

[1] У математичних операціях із часовими інтервалами частіше використовуються чисельні репрезентації стимульних інтервалів. Не виключається однак використання окремими обстежуваними "аналогових" репрезентацій інтервалів, як то за допомогою мелодії чи певного руху. Операція з такою репрезентацією виконується переважно через скорочення амплітуди руху.

Таблиця 1

*Формування чутливості компаратора залежно від послідовності опрацювання індивідом інтервалів-стимулів при відніманні**

Стимули, S1 – S2	Прямий порядок «довший-коротший»	Зворотній порядок, «короткий-довший => довший-короткий»
Стимул-зменшуване S_1	довший S1 -	коротший S2
Стимул-зменшуюче S_2	коротший S2	довший S1 -
Відповідь	$Resp_{(д-к)}$	$Resp_{(к-д)}$
Чутливість компаратора при відмірюванні відповіді	$\varepsilon_{Resp} = f(\varepsilon_д, \varepsilon_к)$, де $\varepsilon_д = f(\varepsilon_к)$.	$\varepsilon_{Resp} = f(\varepsilon_к, \varepsilon_д)$, де $\varepsilon_к = f(\varepsilon_д)$.

* **Примітка.** Через те, що в даному експериментальному дизайні відбувається подвійна заміна задачі (перша пара задач – це формування репрезентації довгого чи короткого інтервалу»; друга пара задач – «міняти – не міняти порядок стимулів»), то треба зважити на ієрархічне моделювання заміни задачі, розроблене в дослідах Т. Клейнзорге та Г. Хейера [**10; 11**]. При цьому варто брати до уваги вплив чутливості компаратора на тривалість відмірюваного інтервалу, який було продемонстровано Дж. Веарденом [**19**].

рахування, а саме константність останнього як при демонстрації стимулів, так і при генерації відповіді. У похибці відмірювання інтервалу-відповіді міститься компонента, яка відображуватиме специфічний для віднімання процес формування репрезентації інтервалу-відповіді. Вона може бути винайдена через порівняння із похибкою при класичному відмірюванні інтервалу (С), еквівалентного до математичного результату операції віднімання (А-В) [**14**]. Уваги заслуговує і вплив тривалості стимулів на виконання операції з урахуванням часового ресурсу робочої пам'яті. Припускається, що використання стимулів із тривалістю, яка перевищує часовий ресурс робочої пам'яті, проявлятиметься у специфічній компоненті варіативності результату операції, а також у середній точності виконання операції.

Існують й інші фактори, які впливатимуть на перебіг виконання операції віднімання. (**1**). Зазначимо, що один і той самий інтервал-результат віднімання може отримуватися через виконання віднімання двох тривалих інтервалів, або ж через віднімання двох коротких інтервалів, наприклад: 9-8=1 (сек) та 3-2=1 (сек). Відповідно, різного рівня буде точність функціонування компаратора, яка діятиме у величині помилки відмірювання інтервалу-відповіді. У кінцевому результаті йдеться про вплив попередньої чутливості компаратора на її актуальну чутливість. Особливості динаміки чутливості компаратора при перехідних процесах можуть бути описані схемою, поданою у вигляді ***таблиці 1.*** (**2**). Порядок подання інтервалів-стимулів також дозволяє вивчати особливості функціонування часового механізму. Мається на увазі пряма чи зворотня послідовність стимуляції. При прямій спочатку демонструється зменшуваний інтервалі, а за ним зменшуючий; при зворотній, навпаки, спочатку подається зменшуючий інтервалі, а за ним зменшуваний. Отже, обстежуваному треба поміняти їх місцями для виконання операції, що викликатиме додаткове навантаження на функціонування екзекутивної компоненти. У підсумку це може призводити до змін у середній тривалості інтервалу-відповіді та у похибці його відмірювання. (**3**). Ускладнений варіант операції віднімання здебільшого полягає у введенні операції порівняння інтервалів як важливої для виконання віднімання. У цьому разі обстежуваному не надається інформація про те, чи буде першим подаватися зменшуваний інтервал чи зменшуючий. Він має спочатку оцінити тривалість обох інтервалів-стимулів, потім шляхом порівняння визначити триваліший із них й у такий спосіб ідентифікувати його як зменшуваний інтервал. Відтак коротший інтервал стає зменшуючим, і лише потім виконується операція віднімання коротшого інтервалу від тривалішого. Така процедура віднімання поєднуватиме у собі оцінювання, порівняння та відмірювання і

розкриватиме їхній комплексний вплив на функціонування часового механізму.

Окремо зупинимося на процедурах серійного додавання і віднімання. Вони полягають, відповідно, у послідовному додаванні або відніманні певного інтервалу до/від тривалості інтервалу-стимулу. Формально це може бути подано як наступні послідовності: 2; 2+2; 2+2+2; 2+2+2+2 (сек), або як: 8; 8-2; 8-2-2; 8-2-2-2 (сек). При серійному відніманні зменшуваним може бути як первинний інтервал-стимул, так і попередньо надана відповідь. Так само і при додаванні: додавати можна як до первинного стимульного інтервалу, так і до попередньо даної відповіді. В обох випадках матимуть місце відповідні модифікації у способі формування референтного інтервалу для відповіді, різним буде старіння референтного інтервалу на відмірювання інтервалу-відповіді та змінюватиметься плин інформації між компаратором і референтною пам'яттю.

Операція **множення** суб'єктивних часових інтервалів можлива радше за умови використання цілого коефіцієнту множення. Водночас зазначимо, що множення на малі коефіцієнти, наприклад, 2 чи 3, може неконтрольовано замінюватись обстежуваним на одне чи два додавання інтервалу-стимулу до самого ж себе. Тому при збільшенні коефіцієнту множення вірогідність його реалізації у вигляді послідовності додавань істотно зменшуватиметься. Обстежуваному легше помножити тривалість інтервалу стимулу, наприклад, на 5, і відміряти інтервал-відповідь цілком, ніж контролювати 5-кратне послідовне відмірювання інтервалу-стимулу. Відтак при використанні коефіцієнтів множення не менших за 3 є можливість вивчати: 1) особливості трансформації репрезентації інтервалу-стимулу, 2) настроювання чутливості компаратора залежно від (а) тривалості інтервалу стимулу та (б) від величини коефіцієнту множення. При цьому чим більший коефіцієнт множення чи інтервал-стимул, тим більшою буде систематична похибка відмірювання інтервалу-відповіді. З іншого боку, ці фактори справлятимуть різний вплив на похибку відмірювання відповіді.

Використання нецілого коефіцієнту множення, наприклад, 1,5 чи 2,5, призводитиме до змін у циклі виконання операції множення, а, відповідно, і до додаткового навантаження на часовий механізм. Дрібна частина коефіцієнту множення спричинятиме: а) округлення його до найближчого цілого, особливо тоді, коли коефіцієнт близький до цілого, як то 2,8; з іншого боку, б) використання нецілого коефіцієнту імовірно призводитиме до виконання проміжної операції ділення, яка стає складовою процесу виконання множення. Це першочергово стосується коефіцієнтів на кшталт 2,5 та 3,33, тобто тих, де дрібна частина є $^1/_2$, $^1/_3$ чи $^1/_4$ у вираженні простим дробом. Скажімо, при тривалості стимулу в 6 суб'єктивних одиниць і коефіцієнті множення 3,33 обстежуваний виконуватиме наступну послідовність дій: 6 x 3 + 6/3 = 20, при цьому отримуємо очікуване перевершення інтервалом-відповіддю математичної тривалості відповіді: 20>19,98 = 6 x 3,33 (сек). Множення із використанням нецілого коефіцієнту сутнісно є комплексною операцією, що спирається на складне формування референтного інтервалу. В такий спосіб помилка відмірювання інтервалу-відповіді міститиме три компоненти: одну, яка є типовою для множення на ціле число, а дві інших – типові для ділення на ціле число і для додавання. У цьому випадку, як і в попередніх на точність відмірювання інтервалу-відповіді, припускається вплив як величини коефіцієнту множення, так і тривалості стимульного інтервалу.

Зупинимось на *серійному множенні* як на окремій техніці. Систематична помилка відмірювання є типовою для множення, а тому має підсилено проявлятися при виконанні послідовного множення, тобто серії множень. Серійне множення полягає у тому, що обстежуваний виконує послідовність операцій множення, наприклад, 3–5 разів. При цьому виділяються два варіанти експериментальної процедури, які різняться за способом формування референтного інтервалу для відмірювання інтервалу-відповіді. З математичного погляду, вони мають призводити до еквівалентних результатів, що, однак, не гарантує такої еквівалентності щодо суб'єктивних часових інтервалів, а відтак припускає наявність розбіжностей у тривалості інтервалів-відповідей на рівні експерименту. В першому випадку обстежуваному надається інструкція: скажімо, кожного наступного разу після закінчення попереднього інтервалу-відповіді треба починати відмірювання інтервалу вдвічі тривалішого за інтервал-відповідь. Отож кожний наступний інтервал-відповідь має бути вдвічі тривалішим за попередній, і при тривалості інтервалу-стимулу А (сек) утворюватиметься послідовність: 2xA, 2x(2xA), 2x{2x(2xA)}, … (сек). Так на кожному кроці зростає помилка, закладена у попередню відповідь. У рамках

другої процедури обстежуваному надається інша інструкція – множити послідовно інтервал-стимул на зростаючий коефіцієнт. Тоді формуватиметься послідовність: Ах1, Ах2, Ах3, Ах4, Ах5. У цьому випадку зростає похибка, закладена у репрезентацію інтервалу-стимулу. Певні члени такої послідовності мають, з арифметичної точки зору, давати такий самий результат, як і при першій версії методу серійного множення тривалості інтервалу, а саме: Ах4 = 2х(2хА). В обох варіантах методу шляхом безперервної послідовності множення накопичуватиметься характерна для даної операції помилка відмірювання інтервалу-відповіді. При цьому особливості формування референтного інтервалу в кожній із версій методу знаходитимуть відображення у характері похибки відмірювання інтервалу-відповіді та впливатимуть на чутливість компаратора. Наведені техніки різняться також ступенем навантаження на перехід "референтна пам'ять – компаратор", що схоплюватиме особливості функціонування часового механізму в різних режимах навантаження.

Ділення. Ця операція є цікавою через те, що референтна пам'ять, як і при відніманні, не містить інтервалу, який можна безпосередньо надіслати до компаратора і завдяки якому можна було б безпосередньо проконтролювати відтворення інтервалу-відповіді. Стимульний інтервал при цій операції не може, наприклад, як при множенні на 2, бути двічі надісланим до референтної пам'яті для відмірювання інтервалу-відповіді. При операції ділення неминучою стає трансформація інтервалу-стимулу, а саме його скорочення пропорційно до заданого коефіцієнту ділення. При завдані розділити тривалість стимулу, наприклад, на 3, обстежуваний повинен зберегти в робочій пам'яті тривалість стимульного інтервалу, перевести її репрезентацію у вигляд, придатний для ділення на 3, скажімо, чисельний. Після цього активуються правила ділення і застосовуються до репрезентації інтервалу-стимулу, створюється референтний інтервал. Надалі цей інтервал, як зразок очікуваного результату ділення, використовується для відмірювання інтервалу-відповіді. Закономірно очікується збільшення варіативності інтервалу-відповіді порівняно із варіативністю при класичному відтворенні еквівалентного інтервалу, яка обумовлюватиметься меншою стабільністю інтернально згенерованого референтного інтервалу. При цьому за умов серійного ділення похибка відмірювання інтервалу-результату ділення збільшуватиметься.

Подібно до множення можна вести мову про дві версії серійного ділення часового інтервалу, які по-різному навантажуватимуть перехід "референтна пам'ять – компаратор" та робочу пам'ять. У першому варіанті виконується послідовне ділення попередньо відміряного інтервалу, наприклад, на 2, і таким чином утворюється послідовність: А, А/2, (А/2)/2, ((А/2)/2)/2, ... (сек). Тоді кожний наступний інтервал-відповідь формуватиметься через ділення попереднього інтервалу-відповіді. В іншому випадку дається така інструкція: при кожному наступному відмірюванні застосовувати новий коефіцієнт ділення до інтервалу-стимулу. При цьому утворюються дві можливі послідовності, кожна з яких по-різному впливатиме на динаміку чутливості компаратора: (1) А, А/2, А/4, А/8 та (2) А, А/8, А/4, А/2 (сек). Розбіжність між ними полягає у різній динаміці інтервалу-відповіді, відповідно, у спадаючій та зростаючій. В обох послідовностях інтервал-стимул постійно виковуватиме роль зразка, який ділиться для формування референтного інтервалу. Враховуючи можливий вплив попередньо встановленої чутливості компаратора на його наступну чутливість, варто очікувати відповідних розбіжностей у динаміці чутливості компаратора ($\varepsilon_i=f(\varepsilon_{i-1})$), яка маніфестуватиме себе у величині стандартної похибки інтервалу-відповіді (σ). Звісно, що й особливості утворення референтного інтервалу відбиватимуться на формуванні похибки інтервалу-відповіді. Завдяки послідовності операцій ділення характерна складова у помилці інтервалу-відповіді підсилюватиметься на кожному наступному кроці такої послідовності і через це буде більш відкритою для аналізу.

ВИСНОВКИ

1. Запропоноване використання математичних операцій з часовими інтервалами являє собою новий підхід до вивчення особливостей функціонування часового механізму індивіда. Цей підхід уможливлює дослідження багатокомпонентних моделей часового механізму, а саме скалярної, осциляторної, моделі з воротами уваги, запропонованої Р. Блоком та Д. Цакаєм. При цьому, завдяки значній кількості експериментальних технік, у межах даного підходу виникають умови для специфікації різних процесів з обробки інформації окремими компонентами часового механізму.

2. В цілому для дослідження математичних операцій з часовими інтервалами варто виходити з положення, що кожна із виконуваних математичних операцій у специфічний для неї спосіб навантажує ту чи іншу складову часового механізму, а відтак виконання такої операції позначатиметься у характерних змінах середнього значення та стандартної похибки відмірювання інтервалу-відповіді порівняно із класичним відтворенням інтервалів такої ж тривалості.

3. Попри переваги запропонованого підходу, слід зауважити, що згідно із результатами наших дослідів **[1]**, при певному часовому бюджеті, наданому обстежуваному для виконання операції, референтний інтервал для відповіді може формуватись: а) ще до початку надання відповіді чи б) після його початку, тобто під час уможливлення самої відповіді. Останнє підтверджує імовірність паралельного перебігу когнітивних процесів із обробки часової інформації, а тому має враховуватися при розробці дизайну експериментів із дослідження особливостей функціонування часового механізму.

1. *Полунін О.* Особливості когнітивного переключення із задачі на задачу при використанні часових інтервалів як стимулів / О. Полунін // Психологія і суспільство. – 2010. – № 1. – С. 159–170.

2. *Цуканов Б.И.* Время в психике человека: [монография] / Б.И. Цуканов. – Одесса: Астропринт, 2000. – 200 с.

3. *Цуканов Б.И.* Собственная единица времени в психике индивида: автореф. дис. на соискание ученой степени докт. психол. наук: спец. 19.00.01 "Общая психология. История психологии" / Цуканов Б.И. – Киев, 1992. – 44 с.

4. *Элькин Д.Г.* Восприятие времени / Д.Г.Элькин – М.: АПН РСФСР, 1962. – 212 с.

5. *Block R.* Models of psychological time revisited / R.Block, D.Zakay // Time and Mind / H.Helfrich (Ed.). – Seatle, Toronto, Gцttingen, Bern: Hogrefe & Huber Publishers, 1996. – P. 171–195.

6. *Burlatchuk L.* Addieren von Zeitintervallen, oder wieviel ist 2+2 sec? / L.Burlatchuk, O.Polunin // Abstraktband. Der 45.Kongress der DGPs, Nürnberg. – Lengerich: Pabst Science Publishers, 2006. – S. 51.

7. *Church R.M.* Properties of the internal clock / R.M. Church // Annals of the New York Academy of Sciences. – 1984. – Vol. 423. – P. 566–582.

8. *Fraisse P.* Psychologie der Zeit: Konditionierung, Wahrnehmung, Kontrolle, Zeitschätzung, Zeitbegriff / P.Fraisse. – München; Basel: E.Reinhard, 1985.

9. *Gibbon J.* Sources of variance in an information processing theory of timing / J.Gibbon, R.M.Church // Animal cognition / H.L.Roitblat, T.G.Bever, & H.S.Terrace (Eds.). – Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984. – P. 456–488.

10. *Kleinsorge T.* Hierarchical switching in a multydimensional task space / T.Kleinsorge, H.Heuer // Psychological research. – 1999. – № 62. – P. 300–312.

11. *Kleinsorge T.* Hierarchical switching with two types of judgment and two stimulus dimensions / T.Kleinsorge // Experimental Psychology. – 2004. – vol. 51(2). – P. 1–5.

12. *Monsell S.* Task switching / S.Monsell // Trends in Cognitive science. – 2003. – Vol. 7. – № 3. – P. 134–140.

13. *Polunin O.* Einfache mathematische Operationen mit Zeitintervallen / O.Polunin // Beiträge zur 49.Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Trier, 2007 / K.F.Wender, S.Mecklenbräuker, G.D.Rey, T.Wehr (Hrsg.). – Lengerich: Pabst Science Publishers, 2007. – S. 174.

14. *Polunin O.* Subtraction of Time Intervals and Model for Prospective Time Processing of R.Block & D.Zakay (1996) / O.Polunin // The 7th International Conference on Philosophy, Psychiatry and Psychology. Time, Memory and History. Abstracts. – Heidelberg, 2004. – P. 68.

15. *Thomas E.A.C.* Cognitive processing and time perception / E.A.C.Thomas, W.B.Weaver // Perception & Psychophysics. – 1975. – № 17. – P. 363–367.

16. *Thomas E.A.C.* On the duality of simultaneous time and size perception / E.A.C.Thomas, N.E.Cantor // Perception & Psychophysics. – 1975. – № 18. – P. 44–48.

17. *Treisman M.* The internal clock: evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency / M.Treisman, A.Faulkner, P.Naish, D.Brogan // Perception. – 1990. – № 19. – P. 705–743.

18. *Wearden J.H.* „Beyond the fields we know …:" Exploring and developing scalar timing theory / J.H. Wearden // Behavioral Processes. – 1999. – № 45. – P. 3–21.

19. *Wearden J.H.* Applying the scalar timing model to human time psychology: progress and challenges / J.H.Wearden // Time and Mind II: Information Processing Perspectives / H.Helfrich (Ed.). – Seatle, Toronto, Göttingen, Bern: Hogrefe & Huber Publishers, 2002. – P.21–39.

20. *Zoltobrocki J.* Über systematische Fehler bei wiederholter Schätzung von Zeitintervallen / J.Zoltobrocki – Frankfurm am Main: Verlag von Dr. Waldemar Kramer, 1965. – S. 144.

АНОТАЦІЯ

Полунін Олексій Васильович.

Математичні операції із суб'єктивними часовими інтервалами як метод дослідження функціонування часового механізму індивіда.

У статті розглядається застосування математичних операцій із суб'єктивними часовими інтервалами для вивчення особливостей функціонування часового механізму індивіда. Операції з часовими інтервалами на кшталт додавання, віднімання, множення та ділення пропонується використовувати поряд із традиційними методами, щонайперше такими, як відмірювання, відтворення й оцінювання. Завдяки цьому уможливлюється більш глибоке дослідження роботи часового механізму індивіда та отримання нових даних про передачу інформації між компонентами цього механізму.

Ключові слова: *психологічний час, часовий інтервал, метод, математичні операції, додавання, віднімання, ділення, множення.*

АННОТАЦИЯ

Полунин Алексей Васильевич.

Математические операции с субъективными временными интервалами как метод исследования функционирования временного механизма индивида.

В статье рассматривается применение математических операций с субъективными временными интервалами для изучения особенностей функционирования часового механизма индивида. Операции с временными интервалами, такие как сложение, вычитание, умножение и деление, предлагается применять наряду с традиционными методами, прежде всего такими, как отмеривание, воспроизведение и оценивание. Благодаря этому открываются новые возможности для углубленного исследования работы часового механизма и получение новых данных о передаче информации между компонентами этого механизма.

Ключевые слова: *психологическое время, временной интервал, метод, математические операции, сложение, вычитание, деление, умножение.*

ANOTATION

Polunin Olexiy.

Mathematical Operations with Subjective Time Intervals as the Method of Investigation of Functioning of Timing Mechanism of an Individual.

The article is devoted to the mathematical operations with subjective time intervals for studying of timing mechanism of an individual. The mathematical operations could be applied parallel with traditional methods like interval production, reproduction, and estimation. Usage of mathematical operations represents a new experimental approach and enables studying of some new aspects of information processing in timing mechanism.

Key words: *psychological time, time interval, method, mathematical operations, addition, subtraction, division, multiplication.*

Надійшла до редакції 19.05.2010.

Шановні читачі!
Не забудьте передплатити наш журнал на 2011 рік

ф. П-1

Державний комітет зв`язку та інформатизації України

АБОНЕМЕНТ

На журнал **21985** (індекс видання)

ПСИХОЛОГІЯ І СУСПІЛЬСТВО

(найменування видання) | Кількість комплектів: **1**

на 2011 рік по місяцях

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Куди _____ (поштовий індекс) (адреса)

Кому _____ (прізвище, ініціали)

ПВ | місце | літер

ДОСТАВНА КАРТКА-ДОРУЧЕННЯ

На журнал **21985** (індекс видання)

ПСИХОЛОГІЯ І СУСПІЛЬСТВО

(найменування видання)

Вартість передплати: **149** грн. **00** коп. | Кількість комплектів: **1**

переадресування: ____ грн. ____ коп.

на 2011 рік по місяцях

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

поштовий індекс _____ код вулиці _____ буд. | корп. | кв.

місто _____ село _____ область _____ район _____ вулиця _____ прізвище, ініціали _____

Вартість передплати: 1 номер – **37 грн 25 к.;** 2 номери – **74 грн 50 к.;** 4 номери – **149 грн 00 к.**
Вартість приймання передплати Укрпоштою: 1 номер – **2 грн 10 к.;** 2 номери – **2 грн 55 к.,** 4 номери – **3 грн 90 к.**