

УДК 004.9:159.9.072

Деркач Тетяна Михайлівна, кандидат хімічних наук, докторант кафедри педагогіки та психології вищої школи, доцент, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ, e-mail: derkach@mail.ru

ВИМІРЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ПРОЦЕСІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

Анотація

Описані методики вимірювання когнітивного навантаження у процесі дослідження ефективності електронних засобів навчання. Наведено класифікацію методик, проаналізовані переваги і недоліки, галузь застосування. Здійснений огляд сучасного програмного і технічного забезпечення, що дозволяє вимірювати навантаження, яке виникає під час роботи з інформаційними ресурсами; наведені практичні приклади. Обґрунтовано застосування методу вторинної задачі для визначення оптимальних умов взаємодії учнів з навчальним матеріалом, представленим у різній формі. У поєднанні з контролем успішності і якості засвоєних знань цей метод дозволяє отримати об'єктивну кількісну оцінку навантаження і дослідити його динаміку з достатньою точністю.

Ключові слова: інформаційні технології, електронні засоби навчання, когнітивне навантаження.

Постановка проблеми. Дослідження діяльності, у якій домінують приховані від спостереження процеси мислення і переробки даних, є необхідними для розробки якісних навчальних програмних продуктів. Їх результати є орієнтиром для поліпшення користувацьких інтерфейсів програм і полегшення експлуатації технологій, дозволяють оптимізувати навчальне навантаження. Такі дослідження потрібні під час вивчення сприйняття учнями матеріалів, представлених засобами інформаційних технологій (ІТ) у різних формах. Наприклад, навчальні програмні ресурси з хімії зазвичай містять: тривимірні моделі структур молекул речовин і механізмів реакцій; анімації нанорозмірних процесів; відеодемонстрації; таблиці і графіки; хімічні символи, рівняння, тексти тощо. Невдале поєднання в робочому вікні

програми (на проекційному екрані, інтерактивному плакаті тощо) одночасно декількох варіантів представлення даних може не тільки не поліпшити засвоєння матеріалу, а й призвести до значного зниження ефективності навчання [1–2].

Аналіз різноманітних інформаційних джерел свідчить про невелику кількість публікацій результатів подібних досліджень в галузі розробки навчальних програмних засобів. Діяльність користувача активно вивчають у сфері комерційного застосування ІТ, мережевого маркетингу, просування інтернет-ресурсів, де сама наукова робота стає оплачуваною послугою [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують різні підходи до дослідження навантаження, яке виникає під час роботи з електронними ресурсами. Проблемним є визначення понять, які застосовуються для оцінки діяльності. Наприклад, для характеристики користувальницьких інтерфейсів застосовують термін «юзабіліті», яким позначають: загальну концепцію зручності використання програмного забезпечення; логічність і простоту розташування елементів керування; зрозумілість режимів роботи; кількість і необхідність функцій; міру інтелектуального зусилля, необхідного для отримання корисних якостей продукту; швидкість досягнення позитивного результату в управлінні ним.

У ISO стандартах з «юзабіліті» як поняття, що характеризують навантаження, визначені «розумове робоче навантаження» або «напруженість», а також негативні функціональні стани – стомлення, монотонія, зниження пильності тощо або емоційні реакції, викликані труднощами роботи з комп'ютером. Іноді ще розглядають психофізіологічні ресурси людини. Однак при цьому діяльність і функціональні стани фактично не диференціюються.

Зазначеним питанням увагу приділено в роботах Г. Саммера [4]. Він показав важливість виділення декількох видів робочого навантаження: когнітивного, розумового (або ментального); інформаційного; емоційного – які базуються на різнорідних теоретичних положеннях. Г. Саммер підкреслив складність визначення відмінності між стресом, напруженістю і робочим навантаженням у реальних умовах навчальної діяльності.

А. Костін аналізував і оцінював професійну діяльність, психологічні проблеми автоматизації процесів управління складною технікою [3]. Ним розроблено принцип взаємного резервування при розподілі функцій між людиною і автоматикою,

концепція проблемності (у співавторстві з Ю. Голиковим), метод таксономії міжсаккадичних інтервалів (МСІ) рухів очей. Отримані А. Костіним і його колегами результати досліджень складних видів діяльності були застосовані для вирішення прикладних проблем у галузі «юзабіліті» і взаємодії людини з комп'ютером.

Найбільш наближеними до потреб освіти є дослідження А. Баделлі і Дж. Свеллера [5–8]. Автори характеризують когнітивне навантаження як кількість «розумової енергії», необхідної для обробки даних, й оперують поняттям «робоча пам'ять», що надає місце для тимчасового зберігання даних для вивчення і міркування. Результати досліджень свідчать про те, що використання множинних джерел інформації створює позитивний ефект у навчанні. Однак, неоптимальне їх поєднання спричиняє когнітивне перевантаження учнів, коли вербальний і невербальний канали сприйняття чи один із них перевантажені, також як і короткочасна пам'ять. Дослідники [5–10] розрізняють кілька типів когнітивного навантаження і співвідносять їх з видами пам'яті, на які вони впливають. Найчастіше виділяють внутрішнє і зовнішнє когнітивне навантаження. Останнє, у свою чергу, поділяють на стороннє і релевантне.

Щодо навчального процесу внутрішнє (англ. *intrinsic* – внутрішнє, справжнє) когнітивне навантаження визначається складністю змісту матеріалу, що вивчається. Воно пов'язане з кількістю елементів, які інтегровані в схему контенту і повинні оброблятися одночасно. Вважається, що зі збільшенням числа таких елементів внутрішнє когнітивне навантаження зростає. Залежить воно й від попередніх знань (або підготовки) учня.

Зовнішнє (англ. *extraneous* – зовнішнє, стороннє) когнітивне навантаження пов'язується із зовнішніми факторами. Неefективні навчальні проекти додають непотрібного навантаження. Наприклад, відомості, представлені в аудіовізуальному форматі, спричиняють менше зовнішнє навантаження, ніж візуальні тексти. Загальновідомо, що текст спочатку сприймається як малюнок, тільки потім починається його розпізнавання й розуміння. У ситуації, коли людина бачить текст і малюнок, її візуальне сприйняття розподіляється між двома зображеннями – малюнка і тексту. Це виявляється складніше, ніж візуально сприймати картинку і слухати текст у вигляді аудіального коментаря.

Релевантне (англ. extraneous – тісно пов'язане, підходяще, відповідне) когнітивне навантаження характеризує ступінь зусилля, необхідного для обробки, внутрішньої організації, інтеграції і конструювання схеми даних. Його іноді пов'язують із спонуканням й інтересом.

За висновком Дж. Свеллера, внутрішнє навантаження є незмінним. Розробники електронних засобів навчання можуть керувати зовнішнім і релевантним навантаженням. Мета навчального проекту полягає в тому, щоб зберегти навантаження на якомога нижчому рівні, звільняючи робочу пам'ять, яка може використовуватися для переробки контенту, що буде передаватися в довгострокову пам'ять за допомогою схем. Під схемами розуміють розумові конструкції, які дозволяють поняттям або об'єктам бути розпізнаними і співвіднесеними з раніше вивченими категоріями.

Дж. Свеллер вважає, що часто причиною невдалого навчання стає те, що інструкції до роботи є неясними, важкими для розуміння або вводять в оману. Увагу учня зосереджено не на вивченні контенту. Хороший навчальний програмний продукт оптимізує когнітивне навантаження, зменшуючи стороннє і збільшуючи релевантне навантаження.

В останніх публікаціях з цієї тематики висловлюються припущення, що внутрішнє навантаження може бути зміненим [11–12]. Методики, які впорядковують обробку прикладів «від простого до складного», можуть структурувати процес пізнання і впливати на нього.

Метою даної статті стало вивчення існуючих методів вимірювання когнітивного навантаження і визначення оптимальних методик, що можуть застосовуватися під час дослідження ефективності взаємодії учнів з електронними навчальними засобами.

Виклад основного матеріалу. Для вимірювання когнітивного навантаження використовуються методи суб'єктивної й об'єктивної оцінки (останні часто називають прямими методами). Перші – припускають, що людина аналізує свої відчуття, тоді як під час прямого вимірювання учень підсвідомо реагує на зміну навантаження. Б. Кантовіц і Р. Соркін [13] поділяють методи на три групи: суб'єктивна думка, резервні психічні можливості, вторинна задача. Класифікацію методів можна представити у вигляді табл. 1.

Суб'єктивні методи визначення когнітивного навантаження засновані на використанні оціночних шкал й опитувальників. Люди можуть достовірно оцінити розумове навантаження, якщо надати їм шкалу з одним або більше аспектами, закріпленими екстремальними дескрипторами. Таке масштабування виявляється досить чутливим до невеликих змін у навантаженні. Респонденти роблять самоаналіз своїх когнітивних процесів і оцінюють кількість зусиль, необхідних для розуміння конкретного навчального матеріалу.

Таблиця 1

Методи вимірювання когнітивного навантаження

	Непрямі	Прямі
Суб'єктивні	Самоаналіз здійсненого розумового зусилля. Анкетні опитування	Експертна оцінка складності матеріалу
Об'єктивні	Аналіз результатів роботи, оцінювання. Аналіз прикладів поведінки. Вимірювання рівня розвитку учня.	Методики, якими вимірюють мозкову діяльність (нейро-методи) та/або фізіологічні характеристики під час виконання навчального завдання. Метод вторинної задачі

Наведемо кілька прикладів. У роботі Вільяма Е. Робертса [12] для визначення рівня когнітивного навантаження під час вивчення технічних дисциплін студентами нетехнічних спеціальностей застосовувалося дві методики: шкали оцінки SSI і NASA (інакше Task Load Index, NASA-TLX). Методика SSI передбачає одне запитання, NASA-TLX включає шість шкал, які розташовуються поряд, з попарним порівнянням. Методики мають різну чутливість під час визначення когнітивного навантаження.

NASA-TLX включає шість різних аспектів вимірювання робочого навантаження. Три з них стосуються вимог, що накладаються предметом вивчення (розумова, фізична і часова вимоги), три інші – визначаються взаємодією предмета із завданням (продуктивність, зусилля і фрустрація). Респондентам дають можливість оцінити кожен аспект, щоб отримати повну характеристику. Вимірювання виконується в два етапи, на яких учасники: 1) аналізують завдання в шести аспектах; 2) виконують 15 парних порівнянь шести аспектів робочого навантаження. Кількісне значення повного робочого навантаження обчислюється на основі середнього зваженого оцінок і «ваги» (кількості виборів кожного аспекту в парі).

Метод NASA-TLX вважається більш чутливим, ніж SSI, оскільки дозволяє порівнювати множинні комбінації зовнішнього і внутрішнього навантаження. Однак завдяки простоті виконання метод SSI є найбільш розповсюдженим. Під час дослідження респонденту надають семантично масштабовану шкалу для відображення значущості одного або більше аспектів. Шкала обмежується екстремальними дескрипторами (наприклад, дуже високо – дуже низько) і розбивається на ділянки, зазвичай, з діапазоном у сім або дев'ять точок. Таке масштабування є відносно чутливим до невеликих змін у навантаженні, тому результати можуть наближатися до даних об'єктивних методик. До переваг методу можна віднести надійність, чутливість і простоту використання. Проте, за його допомогою можна виміряти тільки сумарне навантаження, і не можна проаналізувати причину – встановити, яка комбінація внутрішнього, стороннього і релевантного навантаження спричинила його.

Під час використання суб'єктивних методів виникають певні складнощі. У роботі [12] відзначається, що жодна з названих методик не дозволила визначити невеликі зміни когнітивного навантаження. В описаному експерименті порівнювали різні форми представлення даних у комп'ютерному варіанті для вивчення декількох модулів технічної дисципліни. Значення когнітивного навантаження в умовах поділу уваги (текст і картинка в одній модальності) та/або використання візуальних контрольних міток практично не розрізнялися для нескладних модулів. Значна різниця була виявлена тільки для модуля, складність якого підвищувала когнітивне навантаження до екстремальних значень. З цих результатів автор зробив висновок про те, що для успішного використання методик NASA-TLX і SSI необхідно, щоб під час експерименту когнітивне навантаження було максимальним, тоді добре буде фіксуватися його зміна в сторону зменшення. Літературного опису зворотної ситуації не знайдено, однак, можна припустити, що значне зростання когнітивного навантаження порівняно з її мінімальним значенням, також може бути достовірно зафіксовано методиками NASA-TLX і SSI.

Аналіз з метою виявлення переваг і недоліків суб'єктивних методів показав:

1. Опитувальники дають лише деяку інтегральну оцінку і занадто різняться у різних дослідників через розмитість самого поняття робочого навантаження.

2. Поняття розумового робочого навантаження об'єднує два різних аспекти діяльності: складність і трудомісткість.
3. Незважаючи на відмінність у концепціях, розумове робоче навантаження завжди оцінюється за безперервною однорідною шкалою (у полюсах низьке – високе). Це доцільно, якщо навантаження розглядається через наявні в людини ресурси. За такого підходу принципово не враховується якісна неоднорідність діяльності у разі зміни рівнів психічних процесів. Можна вважати, що за незначного навантаження актуалізуються прості психічні процеси (наприклад, сенсорні і перцептивні), а за високої – найбільш складні (наприклад, творчого мислення). Де знаходяться межі між ними на шкалі навантаження і в чому полягає їхня специфіка, авторами робіт не описано.
4. Недоліком є відсутність психофізіологічних індикаторів, що не дозволяє здійснювати автоматизовану оцінку діяльності.

Прямі методи дозволяють контролювати зміну швидкості реакції учнів або порівнювати значення їхніх фізіологічних характеристик до початку і під час навчальної роботи. Це може бути вимірювання за допомогою всіляких датчиків варіативності частоти серцевих скорочень, дихання, зорового сканування; а також зміни діаметра зіниці, серцево-судинних характеристик (ЕКГ, КГР, пневмограми тощо), які змінюються відповідно розумовому зусиллю в когнітивному процесі.

Застосовуються різноманітні методи спостереження і хронометражу виконавчих дій і результатів. Розроблено різні програмні продукти, що забезпечують запис зображення екрана комп'ютеру, з яким працює людина, разом із відеозаписом роботи самого користувача.

Підтвердимо сказане нами. Програмний комплекс Morae (розробки американської компанії TechSmith) спрощує збір даних і прискорює процес аналізу результатів юзабіліті-тестування. Завдяки технології Rich Recording під час тестування здійснюється тристоронній запис: голосу й обличчя досліджуваного, екрана його монітора й операційної системи, у якій респондент працює. Дані фіксуються синхронно зі зйомкою обличчя і записом голосу людини за допомогою веб-камери й мікрофона. Модуль програми Morae Remote Viewer дозволяє бачити те, що відбувається на екрані, робити позначки в процесі запису і доповнювати їх коментарями, які зберігаються. Результати імпортуються у модуль Morae Manager, аналізуються і по кожній з виявлених проблем або по кожному користувачеві готується докладний і наочний відеозвіт. Комплекс

дозволяє: розрахувати для кожного зафіксованого процесу параметри, наприклад, час, витрачений на виконання завдання; додавати текстові позначки і голосові коментарі до вже готових відеоматеріалів; демонструвати відеозапис користувача одночасно із записом подій на робочому екрані; створювати і зберігати опитувальники й анкети з різними типами питань.

Комплекс Observer XT (продукт голландської компанії Noldus) призначений для проведення різних видів досліджень: від простого спостереження до збору даних за допомогою інтегрованих систем. Імпортуючи тимчасові показники однієї системи і дані іншої (наприклад, фізіологічні показники діяльності людини або температурні показники навколишнього середовища), Observer XT дозволяє об'єднати й синхронізувати їх. Завдяки технології Mix&Match, крім звичайних даних відеоспостереження Observer XT дозволяє реєструвати різні фізіологічні показники: серцевий ритм, розмір зіниці, а у випадку підключення інфрачервоних камер, навіть рух очей респондента. Це створює можливість зробити дані більш об'єктивними (зміна ритму серця може говорити про емоції, пережиті респондентом) і встановлювати залежності між результатами роботи користувача і пережитими ним функціональними станами. Одиницею аналізу стають не окремі операції, а складні дії користувача, що мають безпосередній зв'язок з його діяльністю.

Для аналізу рухів очей використовують різні методи. Найпопулярніший з них – відеоокулографія, який технічно розвивається у двох напрямках. У першому використовуються різні конструкції, що закріплюються на голові людини. Через систему, що складається з відеокамери, світловодів й інфрачервоних підсвічувань очей, фіксується як зовнішня обстановка, так і мітка на ній, що вказує напрям погляду. Цей метод широко застосовується для дослідження взаємодії «людина – комп'ютер», різних видів операторської діяльності, особливо льотчиків і водіїв. У цьому випадку використовуються шоломи. Контролюється, які прилади бачить льотчик під час різних режимів. Перевагою методу є відсутність обмежень руху, оскільки можливі будь-які повороти голови. Однак, незважаючи на невелику вагу пристрою, він вносить сильний дискомфорт при тривалому використанні, що накладає відбиток на отримані результати.

Другий напрям розвивається відносно недавно. Навпроти людини на пульті або біля монітора кріпляться дві відеокамери. Перша фіксує повороти голови, друга – рухи очей. У результаті розраховується точка фіксації погляду на дисплеї. Цей метод

використовується не тільки для аналізу діяльності, але і для безпосереднього управління (погляд замість миші), особливо для важкохворих і паралізованих.

Розвивається дистанційна відеоокулографія, коли сам пристрій розташовується окремо або під екраном монітора. При невеликих відхиленнях повороту голови прилад «втрачає очі» і відбувається втрата даних. Цей недолік особливо проявляється, коли мова йде про вивчення роботи школярів.

Концептуальні недоліки методу:

- 1) положення про те, що зорові фіксації безпосередньо пов'язані з розумовими процесами правильне для досить простої діяльності, тому що у разі виникнення труднощів людина починає абстрагуватися від зовнішньої ситуації. Доки осмислення події не призведе до якогось результату (неважливо позитивного або негативного) будь-яка додаткова інформація буде заважати. Виникає термін – порожня фіксація, коли людина довго дивиться і практично не може відтворити дані;
- 2) людина абсолютно необов'язково думає про той об'єкт, на який дивиться. Це буває тільки в найпростіших ситуаціях;
- 3) не враховуються ефекти занурення в себе, відмови від навколишнього оточення, ефект порожнього погляду.

Шведська фірма Tobii виробляє кілька модифікацій пристроїв відеоокулографії, які дозволяють простежити за переміщенням погляду користувача (називають це терміном «eye tracking») під час роботи з програмним продуктом і проаналізувати, які візуальні елементи дизайну привертали увагу людини і за яких обставин. Конструктивно їх можна розділити на суміщені з комп'ютерним монітором (рис. 1, а) й автономні (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Пристрої для стеження за поглядом користувача:

а) сполучений з комп'ютерним монітором;

б) розташований автономно відносно комп'ютера

За допомогою «eye tracking» відображаються зорові маршрути, які можна спостерігати як у реальному часі експерименту, так і в ході подальшого аналізу. Кожне затримання погляду позначається у вигляді точки, діаметр якої прямо пропорційний тривалості фіксації. Аналіз зорових маршрутів дозволяє виділити послідовність звернення людини до тих чи інших елементів інтерфейсу, а також оцінити, у який момент часу було зафіксовано певний елемент. Інший варіант результатів демонструє зони уваги, які представляють собою сумарну тривалість фіксацій погляду людини за певний період часу на спостережуваній картині.

Найперспективнішим у сфері прямих вимірювань вважається апаратно-програмний комплекс ФАПС (Фазовий Аналіз психофізіологічних Сигналів, спільної розробки компанії USABILITYLAB й Інституту психології РАН). Комплекс дозволяє автоматично визначити, наскільки складною виявилася діяльність користувача під час виконання тієї або іншої задачі. В основі ФАПС лежить оригінальний метод таксономії міжсаккадичних інтервалів (МСІ) рухів очей. Суть методу полягає в тому, що на відміну від класичної технології, аналізується не напрям погляду користувача, а величини тривалості інтервалів між саккадами – швидкими, стрибкоподібними рухами очей. Саме ці інтервали і є індикатором суб'єктивної складності діяльності користувача. Параметри таксонів МСІ для рівнів психічної регуляції діяльності приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри таксонів МСІ для рівнів психічної регуляції діяльності

№	Рівні психічної регуляції	Таксони МСІ, с
1	Безпосередньої взаємодії	0,03 – 1,00
2	Опосередкованої координації	0,90 – 2,00
3	Програмно-цільової організації	1,90 – 5,00
4	Особистісно-нормативних змін	4,60 – 11,50
5	Світоглядних корекцій	> 10,70*

*Верхня межа є відкритою

Реєстрація рухів очей здійснюється методом електроокулографії (ЕОГ) за допомогою трьох електродів, закріплених на обличчі користувача. Електроди приєднуються до невеликого блоку розміром з мобільний телефон, який через USB-кабель підключається до комп'ютера, на якому встановлено спеціальне програмне

забезпечення, що здійснює виділення саккад за сигналами ЕОГ. ФАПС дозволяє оцінювати динаміку зміни суб'єктивної складності діяльності користувача в процесі тестування в реальному режимі часу. Динаміка відбивається у вигляді циклограм, на яких кожен міжсаккадичний інтервал відображається у вигляді стовпця: чим він вищий, тим більша величина суб'єктивної складності діяльності на відповідному часовому інтервалі (див. рис. 2). Поєднавши ці дані з результатами юзабіліті-тестування, можна отримати цілісну картину взаємодії користувача з програмним продуктом. У простих ситуаціях, коли людина все розуміє, саккади виникають дуже часто, інтервали між ними складають десятки і навіть соті частки секунди. Але якщо користувач зустрічається з чимось новим, незвичайним – міжсаккадичні інтервали різко зростають і можуть перевищувати 30 с. Водночас очі не зупиняються, а продовжують рухатися, іноді за досить складними траєкторіями, але повільно, без стрибків. Зовні це не помітно, та й сама людина в більшості випадків не усвідомлює виникнення саккад.

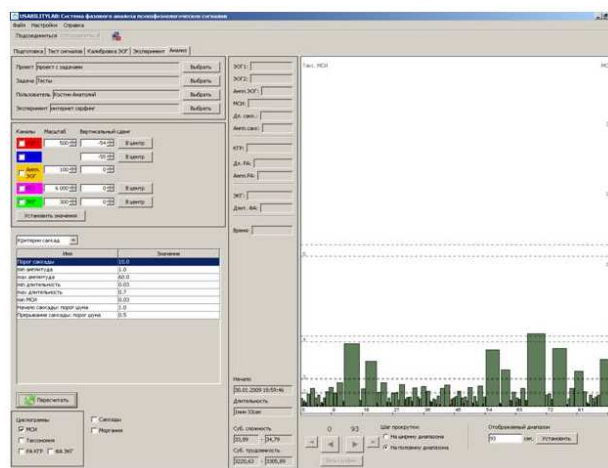


Рис. 2. Приклад циклограми, отриманої методом ФАПС

Якщо в інтерфейсі програмного продукту містяться елементи, які впливають на зростання суб'єктивної складності, а результати досліджень відтворюються під час тестування різних респондентів, можна робити висновки про об'єктивні труднощі і шукати способи, щоб знизити складність роботи. ФАПС дозволяє проводити розрахунок об'єктивних кількісних критеріїв оцінки складності діяльності й компенсує обмеження традиційного підходу до вивчення рухів очей.

З нашої точки зору для аналізу ефективності використання програмних продуктів навчального призначення найкращим є метод вторинної задачі. Його суть полягає в тому, що учнями одночасно виконуються дві задачі, одна з яких є

навчальною (її називають основною), а друга дозволяє фіксувати зміни, наприклад, швидкості реакції учня на сигнал (візуальний, аудіальний). Це може бути швидкість натискання на кнопку (об'єкт, тригер), якимось виділену в певному місці екрану, після зміни кольору іншого об'єкта, або у разі появи/зникнення звуку тощо. Підвищення когнітивного навантаження під час виконання основного завдання спричиняє збільшення часу на здійснення другого завдання.

Щоб досягти результатів у навчальній діяльності учень повинен отримати певні предметні знання й набути відповідні навички. Результат успішності виконання основного завдання можна оцінити, наприклад, тестуванням. Вторинна задача додається до процесу вивчення і не пов'язана з результатом навчальної діяльності. Успішність її виконання не може бути оцінена сама собою. Однак, певні характеристики можуть бути виміряні, наприклад, інтервал часу між зміною сигналу на екрані і натисканням кнопки учнем. Вимоги до вторинної задачі сформульовані в табл. 3.

Таблиця 3

Вимоги до вторинної задачі

Вимоги	Приклад у дослідженнях
Виконання вторинної задачі має потребувати таких самих когнітивних ресурсів, що й основна задача. Інакше, продуктивність виконання вторинної задачі не буде залежати від продуктивності виконання основної	Вторинна задача інтегрована в основну задачу
Критерій якості роботи для вторинної задачі повинен бути надійним і допустимим	Як доведений критерій якості роботи для вторинної задачі використовується час виконання
Вторинна задача має бути настільки простою, щоб не затамовувати одночасні процеси навчання	Учасники повинні лише натиснути клавішу клавіатури, коли помічають зміну сигналу вторинної задачі

М. Сміт [11], використовуючи метод вторинної задачі, досліджував фактори, які впливають на когнітивне навантаження студентів медичного факультету. Респонденти вивчали автономну нервову систему людини за допомогою спеціальної комп'ютерної програми, і саме вивчення було основною задачею. Вторинна задача полягала в необхідності натискати клавішу «Enter» у разі зміни кольору символу літери «А», розташованого на екрані. Час між зміною кольору символу і натисканням клавіші фіксувався за допомогою спеціальної програми.

У роботі вивчали вплив форми представлення навчального матеріалу і різної послідовності дій на когнітивне навантаження. Результати показали статистично значущу й високу різницю навантаження під час використання анімації порівняно з переважно статичними зображеннями з текстом. Застосування анімації для представлення і розуміння навчального контенту вимагало більше розумових зусиль учасників, ніж використання зображень і тексту, що представляли той же самий контент.

М. Смітом виявлений вплив на когнітивне навантаження розташування символу вторинної задачі на екрані. Показано, що під час виконання вторинної задачі для варіантів розміщення символу в різних частинах екрана навантаження дещо відрізняється, тому в основному експерименті символ розташовували у верхньому правому кутку (див. рис. 3). Цей висновок можна було передбачити, оскільки він добре узгоджується з рекомендаціями психологів щодо розташування об'єктів на екрані комп'ютера.

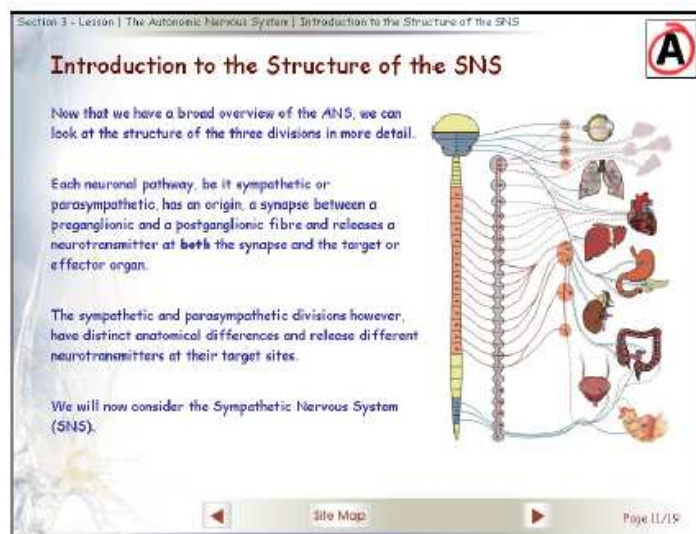


Рис. 3. Ілюстрація розташування тригера (літера «А») для виконання вторинної задачі

Ще один варіант оцінки когнітивного навантаження описаний в роботах [14, 15]. Автори досліджували акустичне навантаження, а також можливість прямого вимірювання когнітивного навантаження для формулювання висновків про вимоги до навчальних мультимедійних ресурсів. З точки зору зміни когнітивного навантаження вчені порівнювали і вивчали: аудіовізуальне і тільки

візуальне представлення словесних і графічних навчальних матеріалів; вплив фонові музики, доданої до аудіовізуального супроводу.

Як основне завдання для вивчення була обрана тема «Система кровообігу». Навчальний контент представляли у декількох варіантах: перший не мав звукового супроводу; другий мав музичний фон; третій супроводжувався музичним фоном і розповіддю. Для вторинної задачі використовували програму WinRT, щоб фіксувати реакцію студентів на акустичний стимул у вигляді звукового тону, який з'являвся з довільним інтервалом 5–10 с. Учні повинні були натиснути клавішу «Space», як тільки його чули. Отримані результати показали, що продуктивність виконання вторинної задачі зменшилася, коли учні працювали з матеріалом, що супроводжувався музичним фоном і розповіддю. У разі наявності тільки музичного фону навантаження не змінювалося.

Наведемо ще кілька варіантів завдань, що використовуються як вторинна задача. У соціальних науках у ході основної експериментальної роботи пропонують запам'ятовувати числа (наприклад, 8-значні, які показують протягом 30 с) або відслідковувати цифри, що виникають на екрані з різною швидкістю. Результати соціологічних досліджень мало пов'язані з мультимедійним навчанням, однак показують, що додаткове когнітивне навантаження може впливати на самооцінку особистості. Так, для екстравертів додаткове когнітивне навантаження може погіршувати самооцінку. У той же час стосовно до інтровертів воно, навпаки, може її покращувати. Останній, на перший погляд, парадоксальний результат пояснюється тим, що когнітивне навантаження відволікає інтровертів від негативних думок, викликаних соціальною тривожністю. У результаті самооцінка стає більш «вільною» і, як наслідок, підвищується. Дослідники також виявили, що самооцінка стає більш позитивною, якщо вона здійснюється автоматично, тобто при високому когнітивному навантаженні. Ці факти тільки підтверджують необхідність урахування психофізіологічних чинників під час розгляду взаємодії учнів з навчальними мультимедійними засобами. Можливо, підвищення когнітивного навантаження оптимізує умови роботи в плані активності учнів інтровертивного типу.

Висновки. Дослідження когнітивного навантаження, що виникає у людей під час роботи з програмними навчальними засобами, є перспективним для розробки

методик викладання і визначення оптимальних умов взаємодії учнів з навчальним матеріалом, представленим у різній формі.

Для повного аналізу діяльності багато дослідників прагнуть використовувати комплекси методів у найрізноманітніших поєднаннях. Водночас виникає проблема зіставлення отриманих результатів. Найпоширенішим рішенням стає співвіднесення результатів різних методів або пошук кореляцій між ними. Однак здійснити таке зіставлення дуже важко, тому що методи розкривають різні сторони діяльності. На даний час можна констатувати, що в арсеналі дослідників взаємодії «людина – комп'ютер» немає універсальних методів оцінки діяльності.

З точки зору застосування в освіті як найоптимальніший можна виділити метод вторинної задачі. У поєднанні з контролем успішності і якості засвоєних знань він дозволяє отримати об'єктивну кількісну оцінку навантаження, що виникає, і дослідити його динаміку з достатньою точністю.

Список використаних джерел

1. *Kozma R. B.* The role of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning / R. B. Kozma, E. Chin, J. Russell, N. Marx // *Journal of the Learning Sciences*, 2000. – Vol. 9, № 3. – P. 105–144.
2. *Russell J.* Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts / J. Russell, R. Kozma, T. Jones, J. Wykoff, N. Marx, J. Davis // *Journal of Chemical Education*, 1997. – Vol. 74. – № 3. – P. 330–334.
3. Сайт компанії USABILITYLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://www.usabilitylab.ru/science/science.php? ID=2001>.
4. *Sammer G.* Concepts of mental workload in psychophysiological research / G. Sammer // *IEA'97, Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomic Association, Tampere, 1997.* – Vol. 5. – P. 368–370.
5. *Baddeley A.* Working memory and the vividness of imagery / A. Baddeley, J. Andrade // *Journal of Experimental Psychology : General*. 2000. – V. 129. – P. 126–145.
6. *Baddeley A.* Is workingmemory still working? / A. Baddely // *American Psychologist*, 2001. – Vol. 56. – P. 851–864.
7. *Sweller J.* Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design / J. Sweller // *Learning and Instruction*. – 1994. – Vol. 4. – P. 295–312.

8. *Sweller J.* Evolution of human cognitive architecture / J. Sweller // The psychology of learning and motivation. – 2003. – Vol. 43. – P. 215–266.
9. *Clark R. C.* E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning / R. C. Clark, R. E. Mayer. – Printed in the United States of America: Published by Pfeiffer An Imprint of Wiley. – 2008. – 497 p.
10. *Reed S. K.* Cognitive Architectures for Multimedia Learning / S. K. Reed // Computers & Education. – 2010. – Vol. 55. – P. 892–903.
11. *Smith M. E.* Factors in the measurement of cognitive load of multimedia learning / submitted in partial fulfilment of the requirements of the degree // Magister Educationis in Computer-Integrated Education. University of Pretoria, 2007. – 108 p.
12. *Roberts W. E.* The Use of Cues in Multimedia Instructions in technology as a way to reduce Cognitive load / A dissertation submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Education Technology Education. – Raleigh, NC. – 2009. – 124 p.
13. *Кантовиц Б.* Распределение функций / Б. Кантовиц, Р. Соркин // Человеческий фактор. – М. : Мир, 1991. – Т. 4. – С. 85–113.
14. *Brünken R.* Direct Measurement of cognitive load in Multimedia Learning / Brünken R., Plass J.L., Leuther D. // Educational Pshychologist. – 2003. – V. 38(1). – P. 53–61.
15. *Brünken R.* Assessment of cognitive in Multimedia Learning with Dual task Methodology: Auditory Load and Modality Effects / Brünken R., Plass J.L., Leuther D. // Instructional Science. – 2004. – V. 32. – P. 115–132.

**ИЗМЕРЕНИЕ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ**

Деркач Татьяна Михайловна, кандидат химических наук, докторант кафедры педагогики и психологии высшей школы, доцент, Национальный педагогический университет им. М. П. Драгоманова, г.Киев, e-mail: derkach@mail.ru

Аннотация

Описаны методики измерения когнитивной нагрузки при исследовании эффективности электронных средств обучения. Методы классифицированы, проанализированы их преимущества и недостатки, определена область применения. Рассмотрено современное программное и техническое обеспечение, позволяющее

измерять нагрузку, которая возникает при работе с информационными ресурсами; описаны практические примеры. Для определения оптимальных условий взаимодействия учащихся с учебным материалом, представленным в разной форме, предложено использовать метод вторичной задачи. В сочетании с контролем успеваемости и качества усвоенных знаний этот метод позволяет получить объективную количественную оценку нагрузки, исследовать ее динамику с достаточной точностью.

Ключевые слова: информационные технологии, электронные средства обучения, когнитивная нагрузка.

COGNITIVE LOAD MEASUREMENT WITHIN THE RESEARCH OF EFFICIENT USAGE OF LEARNING SOFTWARE

Tatiana M. Derkach, Ph.D, post-doctoral fellow of the Department of Pedagogy and Psychology in the Higher School National Pedagogical University named after N.P. Drahomanov, Kyiv, e-mail: derkach@mail.ru

Resume

The methods of cognitive load measurement are described within the research of efficient usage of learning Software. Their classification is given, main advantages and disadvantages are analyzed, as well as area of use of these methods is defined. The article presents an overview of modern Software and Hardware that can be used for cognitive load measurement while studying with information technologies and practical examples of such methods. The use of the secondary task method is reasoned to be the most optimal for cognitive load measurement as well as for detection of optimal conditions for student work with different learning materials. This method allows to receive objective quantification of cognitive load and to investigate its dynamics accurately.

Keywords: information technologies, learning software, cognitive load.

Матеріал надійшов до редакції 23.03.2011 р.