

УДК 004.81, 004.93



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ВЗАЄМОДІЇ З КОМП'ЮТЕРОМ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З РУХОВИМИ ПОРУШЕННЯМИ

А.Л. Єрохін, О.В. Кольченко

Харківський національний університет внутрішніх справ,
м. Харків, Україна, aurokhin@ukr.net
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна, science.ukraine@gmail.com

Розглядається задача створення інтелектуальної системи взаємодії людей з обмеженими фізичними можливостями з комп'ютером, що забезпечує адаптацію користувачів з руховими порушеннями до управління комп'ютерними системами. Для розв'язання задачі розроблено модель та метод побудови магнітного інтерфейсу програмного додатку, що забезпечує суттєве скорочення вимушеної рухової активності для людей з руховими порушеннями.

АДАПТАЦІЯ КОРИСТУВАЧА, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ВЗАЄМОДІЇ З КОМП'ЮТЕРОМ, ЛЮДИНА З РУХОВИМИ ПОРУШЕННЯМИ, МАГНІТНИЙ ІНТЕРФЕЙС

1. Вступ та постановка задачі

На сучасному етапі розвитку систем та засобів штучного інтелекту стає можливою постановка задачі та розробка інтелектуальних методів, які можуть забезпечити адаптацію комп'ютера і людей з обмеженими фізичними можливостями

Велика кількість людей страждає хворобами, наслідком яких є порушення рухової активності. Рухові порушення істотно обмежують соціальну активність таких людей. Найчастіше одним із засобів комунікації з зовнішнім світом для таких людей є комп'ютер. Типовими засобами взаємодії з комп'ютером є клавіатура і маніпулятор «миша». Робота користувача з комп'ютерною мишею вимагає досить високого рівня контролю над рухами. Ось отут і виникає проблема використання комп'ютерної миші для людей з руховими порушеннями.

Ще однією категорією користувачів, що мають труднощі при роботі з комп'ютерною мишею, є люди похилого віку. Тремор рук істотно ускладнює позиціонування миші на елементах управління при роботі з комп'ютерними програмами, що негативно позначається на продуктивності і ступені задоволення від роботи.

Таким чином, актуальною є проблема розробки нових і удосконалення існуючих інтелектуальних методів та засобів взаємодії людини з комп'ютером для людей з руховими порушеннями.

У даний час існують два напрямки рішення значеної проблеми. Перший напрямок орієнтується на розробку нових апаратних засобів взаємодії людини з комп'ютером. До таких засобів відноситься спеціальний адаптер, що підключається між мишею і системним блоком комп'ютера. Пристрій *Assistive Mouse Adapter* розроблено компанією IBM у 2005 році [1]. Адаптер «відфільтровує» рухи людської руки, що трясеться, в результаті чого стабілізуються переміщення покажчика миші на екрані. Адаптер дозволяє налагоджувати рівень фільтрації.

Існує також можливість фільтрації випадкових натискань кнопок миші. Недоліками цього пристрою є його висока вартість і відсутність можливості автоматичної адаптації до особливостей кожного користувача.

Іншим напрямком, покликаним поліпшити якість взаємодії з комп'ютерами людей з обмеженими фізичними можливостями, є розробка методичних рекомендацій і стандартів для поліпшення доступності комп'ютерних інтерфейсів. Так, організацією *World Wide Web Consortium (W3C)* 11 грудня 2008 року опубліковано документ *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* [2], що має статус стандарту для розробки веб-сторінок з урахуванням вимог доступності. У цьому документі є розділи, присвячені користувачам з руховими порушеннями. Незважаючи на наявність стандарту, під час розробки інтерфейсів додатків і веб-сторінок вимоги доступності часто просто відсутні у технічному завданні на розробку. Але навіть застосування зазначених стандартів, на жаль, не знімає проблеми взаємодії з комп'ютером користувачів з руховими порушеннями.

2. Вирішення задачі корекції мимовільних рухів користувача

Рухові порушення користувачів найчастіше виявляються у виді тремору. У роботі [3] приведена класифікація і характеристики різних видів тремору. Однією з характеристик тремору є частота. Амплітуда тремору визначається видом захворювання, його стадією і станом хворого.

Специфічною особливістю тремору, що виникає при рішенні задачі позиціонування покажчика на визначену користувачем мету на екрані, є посилення тремтіння у завершальній стадії руху [3].

Візуалізацію роботи з комп'ютерною мишею користувача без рухових порушень і користувача з руховими порушеннями представлено на рис. 1-4.

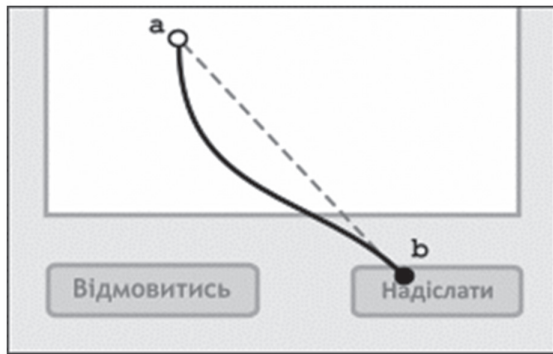


Рис. 1. Користувач без рухових порушень

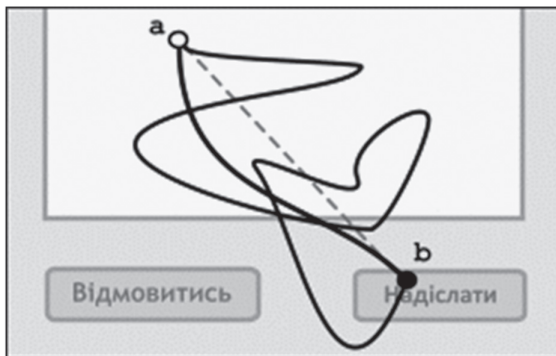


Рис. 2. Користувач з руховими порушеннями



Рис. 3. Користувач без рухових порушень
(каталог ukr.net)

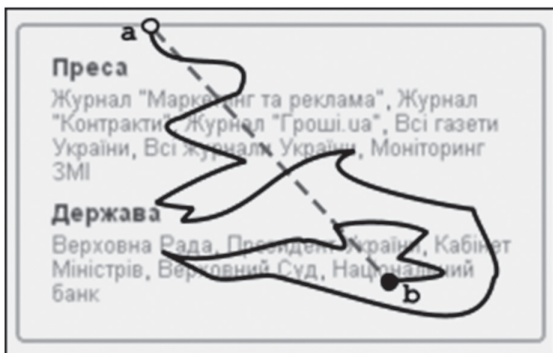


Рис. 4. Користувач з руховими порушеннями
(каталог ukr.net)

Аналіз роботи користувачів з покажчиком дозволяє зробити наступні висновки:

1) переміщення миші мають цільовий характер: покажчик переміщується з поточної позиції

до якого-небудь елемента управління (із точки *a* до точки *b*, рис. 1–4);

2) траєкторія переміщення миші користувачем без рухових порушень близька до прямої, яка з'єднує початкову і кінцеву точки шляху. Цим підтверджується відомий в інженерній психології принцип оптимальності рухів;

3) траєкторію переміщення миші користувачем з руховими порушеннями можна розглядати як результат накладання двох видів руху: цільового, для рішення задачі позиціонування покажчика в кінцеву точку, і випадкового, що є результатом прояву тремору.

Останній висновок нашою виходить на ідею про можливість застосування методів обробки часових рядів для корекції переміщення миші користувачами з руховими порушеннями. Це дозволить виділити тренд і відкинути випадкову складову в рухах таких користувачів. Крім того, аналіз випадкової складової дозволить сформулювати патерни для кожного виду тремору з метою створення профілів корекції рухів миші для різних видів рухових порушень.

Для користувачів з руховими порушеннями проблемними є не тільки задачі позиціонування покажчика, але і саме виконання великої кількості рухів. Для рішення задачі мінімізації рухів, пропонується увести функціональну залежність швидкості переміщення миші від відстані до цільового елемента управління. Таким чином, знаходячись на великій відстані до цільового елемента управління, користувач незначно переміщає покажчик, при цьому курсор переміщується на велику відстань. Наближаючи до цільового елемента управління, швидкість переміщення покажчика зменшується для виконання більш точного позиціонування. При цьому користувач виконує значно менший обсяг рухів, що запобігає швидкому настанню втоми. Виділення областей користувацького інтерфейсу, у межах яких швидкість переміщення миші сповільнюється для більш точного позиціонування, описано в [4].

Відмінність запропонованого в даній роботі способу полягає у тому, що:

а) метою є скорочення обсягу вимушеної рухової активності (рухів користувача з руховими порушеннями);

б) швидкість переміщення миші змінюється поступово, пропорційно відстані до цільового елемента управління.

Таким чином, для усунення ефекту тремору при роботі з мишею пропонується метод корекції переміщень покажчика, заснований на виділенні систематичної складової руху і економії рухів користувача.

Графічне представлення запропонованого методу подане на рис. 5.

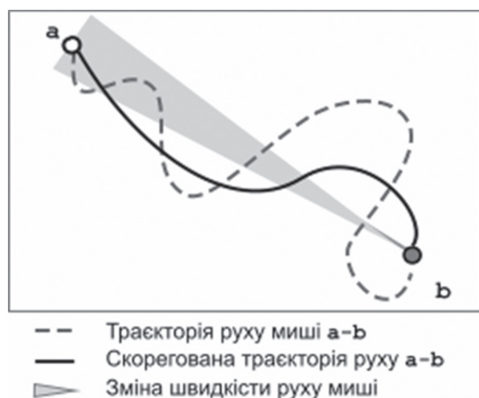


Рис. 5. Корекція рухів миші

3. Розробка моделі магнітного інтерфейсу

Взаємодія користувача з комп'ютерною програмою здійснюється у вигляді впливів на елементи управління, які саме і формують інтерфейс додатка. Таким чином, з погляду переміщень миші, кінцевими пунктами призначення покажчика є саме елементи управління.

Основна складність при роботі користувачів з руховими порушеннями полягає в нездатності побудови ефективної траєкторії переміщення і позиціонуванні покажчика на елементах управління додатка. Для вирішення зазначеної проблеми пропонується ідея «магнітного» інтерфейсу.

Для кращого розуміння принципу магнітного інтерфейсу розглянемо приклад з фізики. Нехай на деякій площині знаходяться декілька магнітів. У довільному місці на площині, не стикаючись з жодним із магнітів, знаходиться важка сталевая куля. Сила ваги не дає зрушити з місця кулю, незважаючи на дію на неї з боку магнітів сил магнітного притягання.

Однак, як тільки до кулі прикласти зовнішню силу, вона прийде в рух, причому на його траєкторію будуть впливати як вектор прикладеної зовнішньої сили, так і сили магнітного притягання, що діють з боку магнітів. Оскільки сила притягання магнітного поля зворотно пропорційна відстані, наближення кулі до одного з магнітів буде викликати усе більшу зміну його первісної прямої траєкторії руху, аж до «прилипання» до магніту.

У «магнітному» інтерфейсі роль кулі виконує миша, магнітів – елементи управління інтерфейсу, рис. 6. Ініціюючий зовнішній вплив на мишу виконує користувач.

Ідея «магнітного» інтерфейсу заснована на двох припущеннях:

1) кінцевою метою переміщення миші є який-небудь елемент управління;

2) намір користувача можна визначити за напрямком переміщення покажчика.

Між кожним елементом управління додатка і мишею встановлено зв'язок. Зв'язок характеризується силою, величина якої зворотно пропорційна відстані між елементом управління і покажчиком.

Найбільшу силу має зв'язок між мишею і найбільш близьким елементом управління. Зв'язок підсилюється при наближенні миші до елемента управління. Таким чином, «сильний» елемент управління начебто притягає мишу, при цьому пропорційно корегується траєкторія переміщення миші.

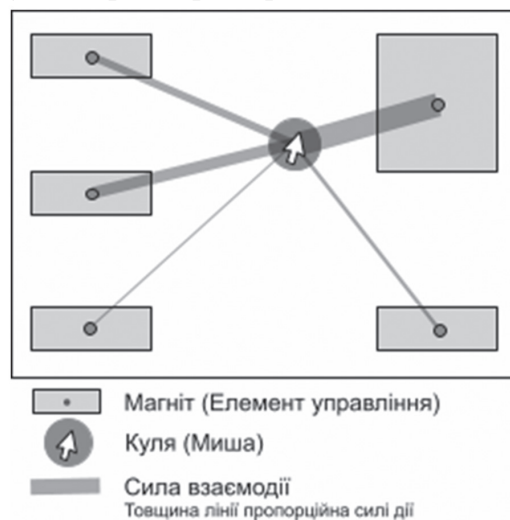


Рис. 6. «Магнітний» інтерфейс користувача

Новизна й інтелектуальність запропонованого підходу полягає в наступному:

1) елементи управління розглядаються як активні сутності, які здійснюють коригувальні впливи на траєкторію переміщення покажчика;

2) при виборі напрямку переміщення покажчика враховуються наміри користувача.

Формально «магнітний» інтерфейс зручно описувати, використовуючи теоретико-множинний підхід. Кожний елемент управління представляється точкою в двовимірному просторі з координатами x і y . Маніпулятор миша також представлений точкою з координатами на площині інтерфейсу. Для усіх елементів множини задана метрика: функція відстані. У найпростішому випадку – це Евклідова відстань. Таким чином, для зазначеної множини елементів управління і точкою, що відповідає покажчикові, можливе обчислення відстані:

$$r_{mc_i} = \sqrt{(x_m - x_{c_i})^2 + (y_m - y_{c_i})^2}, \quad (1)$$

де r_{mc_i} – відстань між покажчиком і елементом управління c_i ; x_m, y_m – відповідні координати покажчика; x_{c_i}, y_{c_i} – координати елемента управління c_i .

Крім відстані, для елементів множини необхідно визначити величину сили зв'язку між покажчиком і кожним елементом управління c_i . Силу взаємодії між кожним елементом управління і покажчиком пропонується розраховувати аналогічно силі взаємодії між полюсами постійного магніту:

$$\vec{F}_{mc_i} = k \frac{M_{c_i} m}{r_{mc_i}^n}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт пропорційності; M_{c_i} – деяка «магнітна» характеристика елемента управління. Наприклад, імовірність вибору елемента управління c_i , його важливість або інша властивість; $r_{mc_i}^n$ – відстань між покажчиком і елементом управління c_i , що задана відповідно до метрики; m – «магнітна» характеристика миші, $m \in [0..1]$; $i = 1..k$, k – кількість елементів управління поточної форми додатку.

Варіювання цієї характеристики дозволяє регулювати силу взаємодії елементів управління і миші. Так, при $m = 0$ «магнітний» інтерфейс відключається, оскільки $F_{mc_i} = 0$.

У формулі (2), що описує взаємодію полюсів магніта, $n = 2$; залежність сили впливу магнітного інтерфейсу від цього параметра представлена набором графіків для різних значень n на рис. 7;

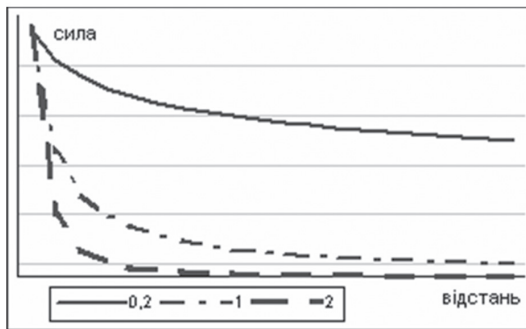


Рис. 7. Залежність сили впливу магнітного інтерфейсу від параметра n

Нехай \vec{F}_{user} – сила, прикладена користувачем до миші для ініціювання руху.

Тоді результуючий вектор сили, що впливає на покажчик у «магнітному» інтерфейсі, визначається за формулою:

$$\vec{F}_{mouse} = \vec{F}_{user} + \vec{F}_{mc_i}. \quad (3)$$

Приклади переміщення миші в «магнітному» інтерфейсі під дією сили \vec{F}_{mouse} показані на рис. 8.

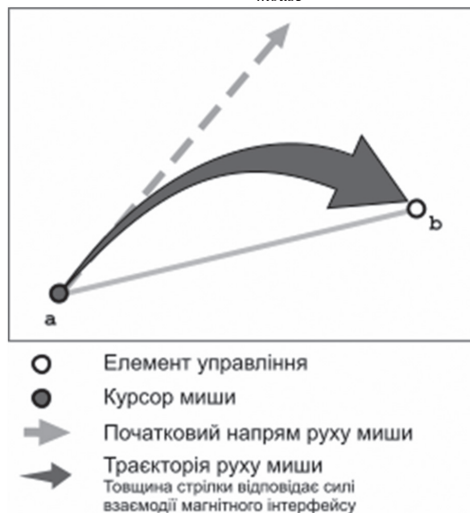


Рис. 8. Траєкторії покажчика в магнітному інтерфейсі

4. Висновки

Таким чином, у роботі запропоновано:

– метод корекції переміщень покажчика, заснований на виділенні систематичної складового руху і та економії рухів користувача з руховими порушеннями;

– модель і метод побудови спеціального «магнітного» інтерфейсу для користувачів з руховими порушеннями.

Подальші дослідження пов'язані з вивченням особливостей роботи користувачів з різними видами рухових порушень з метою формування відповідних патернів взаємодії. Додаткового вивчення вимагають параметри моделі магнітного інтерфейсу.

Також передбачається розробка алгоритмів для запропонованих методів та реалізація відповідного програмного забезпечення.

Список літератури: 1. *Mouse adapter gives computer access to millions of hand tremor sufferers* [Електронний ресурс] Режим доступу : http://domino.research.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/news.20050314_mouseadapter.html – 14.02.2009 р. – Загл. з екрану. 2. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0* [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://www.w3.org/tr/wcag20/> – 14.02.2009 р. – Загл. з екрану. 3. *Peter G Bain. The Management of Tremor* [Електронний ресурс] / *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. – Режим доступу : http://jnnp.bmj.com/cgi/content/full/72/suppl_1/i3 – 14.02.2009 р. – Загл. з екрану. 4. *Automatically adjusting a speed of a graphical pointer*. Patent [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=wo2004086212&display> – 14.02.2009 р. – Загл. з екрану.

Надійшла до редакції 23.10.2009

УДК 004.81, 004.93

Интеллектуальная система поддержки взаимодействия с компьютером для людей с двигательными нарушениями / А.Л.Ерохин, А.В.Кольченко // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2009. – № 2 (71). – С. 66-69.

Взаимодействие пользователей с двигательными нарушениями с компьютером затруднено. Для облегчения работы пользователей с мышью предлагается метод коррекции произвольных движений. При этом решаются задачи позиционирования указателя и экономии движений пользователя. Также описана оригинальная концепция магнитного графического пользовательского интерфейса. Магнитный интерфейс корректирует траекторию перемещения мыши с учетом намерений пользователя.

Рис. 8. Библиогр.: 4 назв.

UDC 004.81, 004.93

Intelligence system for interaction of users with motor disorders with a computer / A.L.Yerokhin, O.V.Kolchenko, // *Bionics of Intelligence: Sci. Mag.* – 2009. – № 2 (71). – P. 66-69.

The interaction of users with motor disorders with a computer is difficult. To facilitate mouse related tasks the method of correction of involuntary movements is proposed. The method solves the problem of positioning the mouse pointer and minimizes the amount of user movements. The original concept of the magnetic graphical user interface is considered. Magnetic interface adjusts the trajectory of the mouse movements, taking into account the intentions of the user.

Fig. 8. Ref.: 4 items.