

УДК 004.65:004.89 (045)

ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НАВЧАННЯ ІНВАЛІДІВ ЗОРУ

Є. Б. Артамонов, канд. техн. наук, А. О. Длужевський,
О. В. Панфьоров

Національний авіаційний університет

e-mail: eart@ukr.net

Одним із завдань інформатизації вищої школи є підвищення якості підготовки фахівців за рахунок впровадження інформаційно-освітнього середовища з можливістю віддаленого доступу до матеріалів. Але при віддаленій роботі з навчальними ресурсами ускладнюється налагодження зв'язку викладач-студент і унеможлиблює гнучку адаптацію курсу під вимоги користувача. Особливо помітна ця проблема при навчанні інвалідів зору. В статті розглянуто методику розроблення адаптивних електронних навчальних курсів для інвалідів зору через аналіз вимог користувачів та їх базовий рівень знань.

Ключові слова: адаптивні навчальні курси, системи навчання, інваліди зору, шрифт Брайля, навчання інвалідів зору, програмне забезпечення.

One of the tasks of the higher school informatization is to improve the quality of specialists/experts/professionals training through the introduction of information-educational environment with remote access to content. But when working remotely with educational resources it is complicate to establish the teacher-student communication and impossible to make flexible adaptation of the course to the user requirements. Particularly noticeable this issue in teaching of visually impaired persons. The article discusses the technique of adaptive e-learning courses for visually impaired persons development through the analysis of user requirements and their basic level of knowledge.

Keywords: adaptive learning course, the system for visually impaired, visually impaired, Braille, learning for visually impaired, software.

Вступ

За статистикою, в Україні близько 300 тисяч інвалідів зору, з яких більше 40 тисяч незрячих. За відсутності зору сліпим людям доводиться покладатися на інші джерела інформації, такі як звук та тактильні відчуття. Так, для читання одним з найрозповсюдженіших тактильних шрифтів є шрифт Брайля.

В Україні не більше 10 % інвалідів зору володіють шрифтом Брайля, і ця проблема нагадує замкнене коло, коли нема потреби друкувати книжки шрифтом Брайля, тому що даним шрифтом володіє мало читачів, але за відсутності різноманіття книжок шрифтом Брайля не може з'явитись їх більша кількість [1]. Шрифт Брайля має певні конструктивні особливості. Наприклад, оптимальними для тактильного сприйняття вважаються такі параметри рельєфу [2; 3]:

висота точки $\approx 0,5$ мм;

відстань між точками одного знака $\approx 2,5$ мм;

відстань між знаками в рядку $\approx 3,75$ мм;

відстань між рядками ≈ 5 мм.

При зміні цих значень тактильне сприйняття рельєфу значно знижується, а при зменшенні прочитати текст на дотик більш ніж на 50–75 % практично неможливо. Крім того, комбінація точок в одному шеститочковому брайлівському знаку має всього 64 варіанти, тому для опису багатьох плоскочисельних символів доводиться використовувати кілька знакуміць і спеціальні службові знаки Брайля [3].

Таким чином, щільність запису рельєфо-крапкового шрифту набагато нижча, ніж у його плоскочисельних аналогів. Наприклад, лист брайлевської книги (230×310 мм), стандартний для України і пострадянського простору містить усього 750–800 знакуміць, тоді як аркуш стандарту А4, навіть трохи меншого розміру (210×297 мм), з плоскочисельним текстом поширеної конфігурації, може містити 3500–4000 знакуміць і має значний потенціал щодо зменшення розміру шрифту, що може дати 6000–6500 знакуміць. Крім того, товщина брайлівських аркушів, через опуклість рельєфо-крапкового тексту, на кілька порядків більше. Саме тому останнім часом все більш увагу приділяють комп'ютерним системам для відображення шрифту Брайля, але при цьому система навчання інвалідів зору залишається на рівні 20–30 річної давнини. Хоча і є низка стандартів з представлення текстів слабозорим та незрячим, але вони практично не використовуються в межах електронної освіти, яка останнім часом займає все більш значущу роль та дозволяє навчатись віддалено, що на сьогодні є однією з пріоритетних вимог при організації навчання інвалідів зору.

При побудові електронного курсу для інвалідів зору є необхідність адаптації його пошукової системи та необхідність адаптації окремих матеріалів, як за обсягом, так і за змістом.

Отже, актуальною науково-прикладною проблемою, що підлягає вирішенню, є відсутність сучасних комп'ютерних систем адаптування

навчальних матеріалів для інвалідів зору з можливістю підтримки інтерактивних функцій. Разом з іншими факторами, ця проблема призводить до значної залежності навчального процесу від експерта-викладача.

Постановка проблеми

Інформаційні технології призводять до докорінної зміни методів і способів отримання нових знань — ефективної організації пізнавальної діяльності студента на основі індивідуалізації навчання при збереженні цілісності всього навчального процесу за рахунок програмованості та динамічної адаптації навчальних програм і навчального процесу до потреб виробництва і суспільства.

Ця ж проблема спостерігається під час роботи з дисплеями Брайля, коли швидкість читання обмежується 40 або 80 (залежно від конструкції) символами у рядку (рис. 1), а передача графічних зображень стає практично неможливою.



Рис. 1. Дисплей Брайля, підключений до комп'ютера

Доти, доки вміння незрячої людини писати виявляється в написанні їм все того ж брайлівського тексту, ця особливість не тягне за собою якихось серйозних труднощів. Однак, як тільки людина, що навчається за системою Брайля, починає писати плоскодрукарський текст, з'являється досить велика проблема, оскільки в плоскодрукарському тексті ці відмінності призводять до появи грубих помилок, які одразу помітні.

Проблема незнання шрифту Брайля та складність у його опануванні загострює інші проблеми: особливості адаптації, особистісного розвитку незрячих та слабозорих людей. При цьому більшість тифлопедагогів відзначають необхідність застосування комп'ютерних технологій в процесі професійної підготовки незрячих людей під час навчального процесу.

На сьогодні спостерігається перехід від читання шрифтом Брайля до аудіальної інформації. Але рельєфно-тактильний шрифт має ряд переваг перед звуковою передачею інформації, тому одним із додаткових завдань, яке можна реалізувати за допомогою створення простого у використанні і недорогого апаратно-програмного нав-

чального комплексу, — це популяризація читання шрифтом Брайля. До того ж на сьогодні відзначається брак безкоштовних синтезаторів української мови, їх обмежений функціонал та якість роботи [4], що змушує не використовувати тексти українською мовою.

Для побудови адаптивних електронних навчальних курсів для інвалідів зору потрібно вирішити такі завдання [5]:

1) визначити зміст, розробити структуру і засоби ведення бази знань, системи тестування;

2) сформувати базу знань електронних навчальних курсів предметної галузі та завдання для тестування;

3) розробити моделі елементів адаптивних електронних навчальних курсів: предметної галузі навчання, управління навчальним процесом і тестування та алгоритмів управління системою.

У загальному випадку завдання розробки адаптивних електронних навчальних курсів для інвалідів зору може бути зведена до таких завдань:

— удосконалення засобів формалізації знань про студентів;

— формалізації знань про навчальний процес і тестування;

— формалізації оцінок результатів тестування;

— розробці математичних моделей основних компонентів адаптивних навчальних курсів та їх алгоритму управління.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є практичний аналіз можливих підходів до реалізації комп'ютерних систем для навчання інвалідів зору з використанням шрифту Брайля.

Завданням дослідження є обґрунтування можливих апаратних та програмних рішень навчального комплексу для навчання шрифту Брайля.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Дослідити існуючі апаратні і програмні рішення для навчання інвалідів зору.

2. Удосконалити існуючі рішення і побудувати власну концепцію комп'ютерної системи навчання інвалідів зору.

3. Розробити алгоритми автоматичної адаптації матеріалів в навчальних курсах для інвалідів зору.

Аналіз світових тенденцій розвитку апаратно-програмних систем для роботи з шрифтом Брайля

З появою аудіосупроводу в сучасних пристроях, шрифт Брайля частково втратив популярність. Причин відмови від шрифту Брайля на користь аудіокнижок є декілька: складність

навчання, вартість допоміжних засобів та відсутність відкритого програмного забезпечення. У світі набули розповсюдження дисплеї Брайля, які дозволяють як виводити символи, так і вводити їх, але їх використання обмежується вартістю (від 1000 до 5000 Євро), при цьому окремий клас пристроїв для навчання відсутній.

Оскільки дисплеї Брайля — комерційний продукт, то компанії-розробники забезпечують його повну та безкоштовну програмну підтримку для роботи з їх пристроєм, але, з огляду на те, що ПЗ розробляється для певної серії пристроїв, воно майже завжди має закритий програмний код.

Тому під час розроблення нових дисплеїв Брайля програмне забезпечення записується майже «з нуля».

Крім цього відсутні навчальні програми для дисплеїв, де можна було б покроково навчатися читати шрифтом Брайля, а існуючі курси орієнтовані на використання неелектронних наборних літер (дерев'яних або пластикових).

Після навчання на спеціально збільшених літерах починається навчання на літерах натуральної величини. І тільки після засвоєння шрифту на достатньому рівні переходять до дисплеїв Брайля.

Описання підходів до розробки апаратної частини навчального комплексу

Загальний принцип роботи навчального комплексу показано на схемі рис. 2.

Дані надходять до пристрою по протоколу USB (блок 1). У випадку, якщо блок керування (блок 3) не має вбудованої реалізації інтерфейсу USB, а лише реалізацію інтерфейсу UART, у такому випадку для перетворення сигналів необхідно використати відповідний перетворювач (блок 2).

Дані, що надходять до контролеру обробляються комп'ютерним алгоритмом. Після обробки даних контролер подає сигнали на драйвер дисплею (блок 4).

Драйвер дисплею визначає стан дисплею відповідно до отриманих сигналів.

Тактильний дисплей (блок 5) являє собою електромеханічний пристрій для виведення інформації (рис. 3). Керування можливе за допомогою електромеханічних елементів інтерфейсу користувача (блок 6).

Описання розробленого програмного забезпечення

При розробці програмного забезпечення спиралась на минулий досвід розробки систем по роботі з текстами, у яких більшість функцій була виведена на автоматичний режим [8; 9].

Розроблене програмне забезпечення виконує такі функції:

1) відкриває текстові файли, додає службові символи. У шрифті Брайля відсутній поділ на великі і малі літери, а перед кожним числом додається спеціальний символ;

2) дозволяє використовувати майже будь-які шрифти. Записавши у файл символи абетки та службові символи спеціальним чином, можливо використовувати обраний алфавіт;

3) здійснює формування пакету символів для передачі на дисплей Брайля. Окрім кодів символів, перетворених згідно до алфавіту, передається кількість символів у пакеті, що може варіюватись, залежно від довжини рядку у дисплеї;

4) виводить на екран комп'ютера поточні літери, як у звичній буквеній формі, так і у вигляді точок шрифту Брайля;

5) реалізує автоматичне перегортання, що дозволяє автоматично переходити на наступний символ, із заданим інтервалом;

6) отримує зворотний зв'язку від пристрою для реалізації керування.

Більш детально описання програмного забезпечення представлено при отриманні авторського свідоцтва на програмний продукт [6].

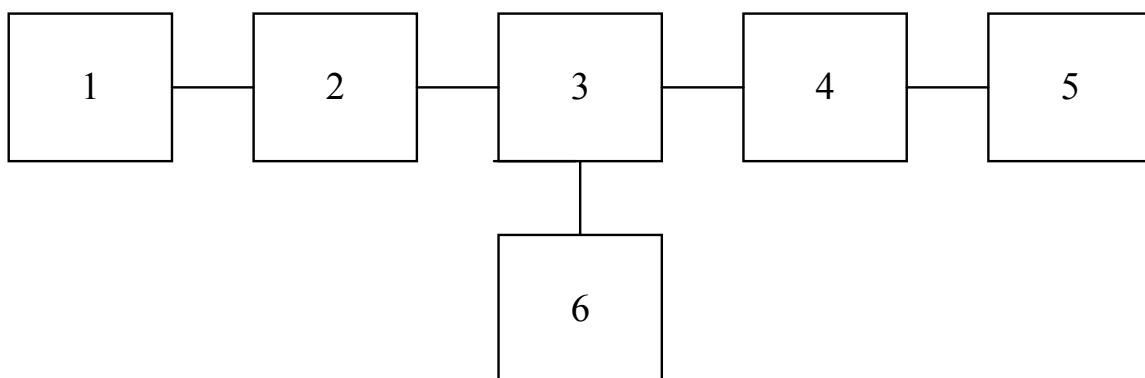


Рис. 2. Схематичне представлення апаратно-програмного навчального комплексу

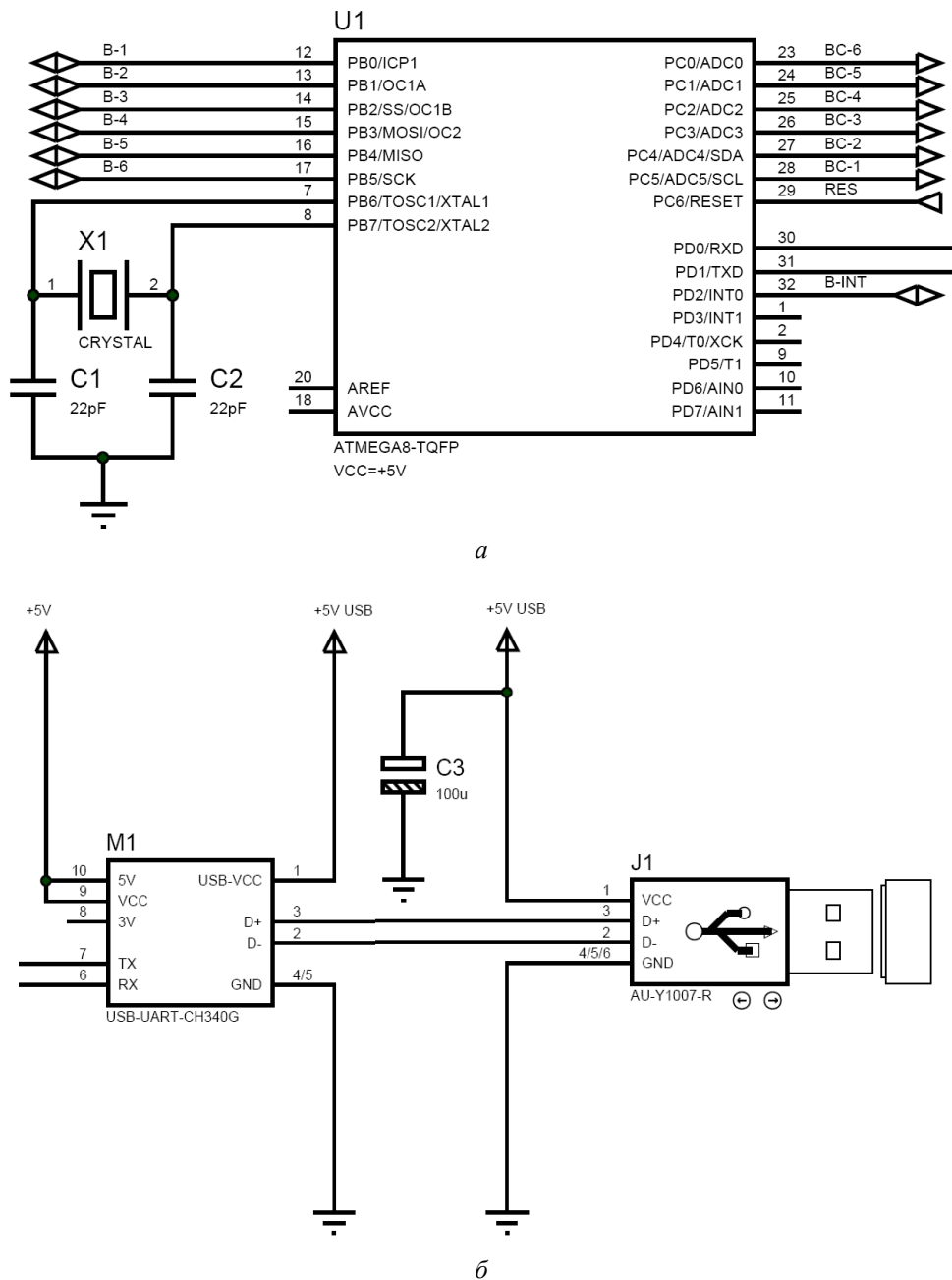


Рис. 3. Проектна схема реалізації апаратної частини навчального комплексу:
 а — блок керування; б — перетворювач сигналів USB-UART та різним інтерфейсу USB

Розробка моделі адаптивних електронних навчальних курсів

Для уніфікації адаптивних навчальних курсів моделі об'єктів управління та предметної області навчання і тестування, повинні забезпечувати подання знань за єдиним зразком. Для цього підходять семантичні мережі знань предметної області.

Представлення знань, що базуються на семантичних мережах, полягає в тому, що предметна область розглядається як сукупність об'єктів (сутностей, понять) і зв'язків (відносин) між ними [7].

Формально мережеві моделі задаються у вигляді:

$$H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, Q \rangle,$$

де I — безліч інформаційних компонентів, що зберігаються у вузлах мережі; C_1, C_2, \dots, C_n — типи зв'язків між інформаційними елементами; Q — відображення, яке встановлює відповідність між безліччю типів зв'язків і безліччю інформаційних компонентів мережі.

Перевагами семантичних мереж, як засобів подання, знань є їх великі виразні можливості, наочність системи знань, представлені графічно. Крім того, семантичні мережі мають добре апробовану наукову базу у вигляді теорії графів.

Комплексна модель адаптивних навчальних курсів для інвалідів зору будується на основі моделей предметної області, класифікації студентів, компонентів системи управління тестуванням. Це повинна бути багаторівнева модель у вигляді функціональної семантичної мережі на верхньому рівні представлення знань і розгалуженої системи тестування, яка керувала б виводом висновків на нижніх рівнях моделі тестування знань і узагальнювала результати висновків усіх рівнів. Комплексний алгоритм функціонування адаптивних навчальних курсів будується на підставі концептуальної моделі, яка відображає сутність процесу функціонування системи. Комплексний алгоритм повинен управляти компонентами адаптивних навчальних курсів і обробляти інформацію про результати тестування.

Рівні представлення навчальних матеріалів визначаються за результатами тестування в кінці кожного підрозділу.

Основними вимогами до тестових завдань є:

- незалежність завдань;
- простота і компактність формулювання питань;
- виключення неоднозначного розуміння питання.

При тестуванні знань учнів у віртуальній системі, часто доводиться користуватися нечіткими знаннями, які не можуть бути інтерпретовані як повністю логічні — вірні і не вірні. При визначенні набору критеріїв, їх «ваги», методи оцінки рішень можуть бути різноманітними. Тому в процесі навчання кожне питання має мати певну «вагу» наприклад, «дуже складний» (A), «складний» (B), «середньо складний» (C), «простий» (D) і «дуже простий» (G).

Застосовуючи нечіткий класифікатор Байєса до кожного питання, можна в інтервалі [0,1] оцінити ступінь приналежності того чи іншого питання до однієї з вищевказаних категорій.

Нехай A і B — нечіткі підмножини, тоді:

$$S(A, B) = \frac{M(A \cap B)}{M(A)}.$$

Теорема Байєса виводиться з цього результату:

$$S(A, B) = \frac{S(B, A)M(B)}{M(A)},$$

$$M(A \cap B) = M(B)S(B, A).$$

Нехай E — непарне свідчення і H_1, \dots, H_k — k нечітких гіпотез, тоді:

$$S(E, H_i) = \frac{S(H_i)M(H_i)}{\sum_{j=1}^k S(H_j, E)M(H_j)},$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

$$S(H_i, E) = 1 - \frac{\sum_x \max[0, \mu_{H_i}(X) - \mu_E(X)]}{M(H_i)}.$$

За допомогою цієї формули визначається рівень складності кожного питання, яке в свою чергу, дозволяє чітко оцінити рівень знань учня з цього питання.

Правильне розташування тестових завдань у тесті підвищує їх валідність. Тому тестові завдання повинні розташовуватися в такій послідовності: спочатку розташовуються менш важкі тестові завдання, а далі — у порядку зростання їх складності. Якщо в ході апробації тесту з'ясується, що складність багатьох його завдань не відповідає рівню знань значної кількості учнів, то інформація про знання конкретного студента, одержувана за результатами виконання окремих тестових завдань, може бути виражена формулою:

$$I = \log_2 \frac{P_1}{P_0},$$

де P_0 — апіорна ймовірність успішного тестування.

Цей показник визначається до тестування, незалежним експертом (викладачем); P_1 — апостеріорна ймовірність успішного проходження тестування.

Якщо реальний рівень підготовки студента такий, що він апіорі успішно виконає групу легких для нього завдань, то виконання даної групи завдань цим користувачем не дає додаткової інформації про його знання ($P_0 \approx P_1$). Було б доцільно в цьому випадку ускладнити завдання, розбити завдання на дві або декілька груп за рівнем складності для різних учнів і реалізувати гнучкий механізм пред'явлення завдань, тобто в процесі тестування система повинна адаптуватися до рівня знань учня.

Висновки

На основі проведеного аналізу існуючих підходів до створення електронних навчальних комплексів для незрячих була виявлена відсутність напрацьованих для навчання дітей інвалідів зору. У світі для навчання використовуються стандартні дисплеї Брайля з 40 або 80 літерами у рядку. Всі інші проекти залишились на стадії описання ідеї або концептуальної схеми — до них відносяться і розрекламовані сенсорні смартфони та планшети з шрифтом Брайля. А навчальні електронні пристрої не розглядаються навіть як концепція.

У статті представлено описання апаратно-програмного навчального комплексу з можливіс-

тю адаптації вхідних навчальних матеріалів до потреб інвалідів зору.

У статті розглянуто методику оцінювання рівня засвоєння знань для подальшої адаптації електронного навчального курсу під кожного користувача.

При оцінюванні рівня знань використовуються нечіткі оцінки за кожним розділом, кожною темою та кожною обраною контрольною точкою в межах навчального курсу.

При побудові тестових завдань особлива увага повинна приділятися контрольним точкам, які і впливають на розгалуження курсу, яке створює ефект багатосценарного підходу до викладання матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кобзарь А. В. Барьеры в обучении школьников с альтернативным развитием в США / А. В. Кобзарь, И. С. Бессарабова // Электронный журнал «Современные исследования социальных проблем». — 2015. — №7 (51). — С. 514–528.
2. Красномовец В. А. Людський розвиток осіб з інвалідністю в Україні: оцінка стану забезпечення / В. А. Красномовец // Наукові праці КНТУ. Економічні науки. — 2010. — № 17. — С. 367–373.
3. Лозицький О. А. Інформаційні технології бібліотек для людей з вадами зору / О. А. Лозицький, О. В. Пасічник // Сучасні проблеми діяльності бібліотеки в умовах інформаційного суспільства: наук.-практ. конф, 12 лист. 2009 р., Львів. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». — С. 168–173.
4. Артамонов Є. Б. Порівняльний аналіз програм-синтезаторів української мови / Є. Б. Артамонов, М. О. Кучер // Інтелектуальні технології лінгвістичного аналізу: міжн. наук.-техн. конф, 19–20 жовт. 2015 р. — К. : НАУ, 2015. — С. 9.
5. Artamonov E. B. Concept of creating a software environment for automated text manipulation / E. B. Artamonov, O. O. Zholdakov. — Scientific journal “Proceedings of the National Aviation University”. — К. : NAU. — 2010. — Вип. 3 (44). — P. 111–115.
6. А. с. на комп'ютерну програму «Навчальний комплекс для вивчення шрифту Брайля» / Є. Б. Артамонов, А. О. Длужевський, О. В. Панфьоров // Державна служба інтелектуальної власності. — Свідоцтво № 59638 від 13.05.2015 р. (Рішення про реєстрацію № 60041 від 17.03.2015 р.).
7. Карпова Т. Базы данных: модели, разработка, реализация / Т. Карпова. — СПб. : Питер, 2002. — 304 с.

Стаття надійшла до редакції 27.05.2016