

УДК 004.91

О. В. Бармак, канд. техн. наук, доц.;

С. О. Романишин, асп.

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПЕРЕКЛАДУ З ФЛЕКТИВНИХ МОВ НА ЖЕСТОВУ МОВУ

Описано алгоритмічну реалізацію інформаційної технології перекладу з флективних вербальних мов на жестову мову. На прикладі української мови побудовано інфологічні моделі словників української та жестової мов, пов'язано узагальнені граматичні конструкції для забезпечення автоматизованого перекладу. Наведено експериментальні результати для перевірки ефективності запропонованої інформаційної технології.

Вступ та постановка задачі

Сучасний стан суспільства продукує певне ставлення до людей з особливими потребами. Важливою стає проблема збільшення ступеня участі людей з особливими потребами в соціумі. Одним із способів вирішення цієї проблеми є створення сучасних інформаційних технологій, що включають алгоритми, за допомогою яких можна було б створювати нові комп'ютерні системи навчання та комунікації для людей з вадами слуху. Тому запропоновано концепцію інформаційної технології невербального спілкування людей з вадами слуху [1].

Жестова мова (ЖМ) глухих людей — це природна мова, що передає інформацію за допомогою рухів рук і пальців, виразу обличчя, положення корпусу тіла людини. Використовується як складова частина спілкування людей і служить основним комунікаційним засобом для глухих. Жестові мови не є візуальною інтерпретацією звичайних мов; вони мають свою граматику, можуть бути використані для обговорення самих різних тем: від простих і конкретних — до піднесених або абстрактних. Лексика ЖМ ще недостатньо вивчена, особливо ідіоматика, фразеологія, морфологія [2]. Автоматично приписувати ЖМ усім формам словесної та письмової мови неправильно. Не можна розглядати ЖМ, у традиційних моделях лінгвістики. Через це проблеми, що виникають, під час побудови систем автоматизованого перекладу довільного тексту в ЖМ можна представити як знаходження взаємно однозначних пар конструкцій вербальної та жестової мов, що передають зміст інформації.

Метою роботи є розробка інформаційної технології перекладу з флективних вербальних мов на жестову. Перекладаючи з однієї мови на іншу, кваліфіковані перекладачі отримують взаємно однозначні пари конструкцій, що передають значення: речення на вхідній мові → відповідне речення на вихідній мові. Припустимо, що ці пари конструкцій можна представити у вигляді певного узагальнення. Проаналізувавши певну кількість отриманих під час перекладу пар, можна, зафіксувавши порядок слідування слів у реченні, отримати узагальнення, у якому замість конкретних слів у реченні будуть використані множини слів, що можуть вживатися на цих зафіксованих місцях. Таким чином буде отримано досить невеликий (відносно загальної кількості речень) обсяг граматичних конструкцій перекладу.

Інфологічні моделі предметної галузі автоматизованого перекладу

Система автоматизованого перекладу з флективних вербальних мов на жестову мову передбачає створення множинної моделі для словника вербальної мови [3—6] та реалізації її для можливості моделювання відповідних пов'язаних узагальнених граматичних конструкцій вербальної та жестової мов.

Враховуючи особливості флективних мов, словник флективної мови подаємо у вигляді:

$$W = \left\{ W_i : W_i = \left\{ I_{i_1} \in I, F_{i_2} \in F, k, In_{i_3} \in In \right\} \right\}, \quad (1)$$

де W_i — параметри слова вербальної мови ($i = 0, \dots, N-1$, N — кількість слів у словнику);

F — множина всіх можливих закінчень слів (флексій); k — номер позиції у слові-інфінітиві, з якої починається конкатенуватися флексія (можливі випадки, коли $k=0$ — для словоформи, яка повністю відмінна від інфінітива); In — множина параметрів словозміни слова (для української мови параметрами словозміни є число, рід, відмінок, особа, час, стан, спосіб); I — множина слів-інфінітивів вербальної мови:

$$I = \{I_i : I_i = \{word\ inf. p \in P\}\}, \quad (2)$$

де P — множина частин мови; $word\ inf.$ — слово-інфінітив.

У [8, 9] на прикладі української мови наведено алгоритмічні представлення для: 1) формування множин W, F, I ; 2) відтворення повного тексту слова за трьома параметрами I_i, F_i, k , який реалізується відповідним оператором; 3) обернений оператор для визначення параметрів I_i, F_i, k для довільного слова.

Для ЖМ, у зв'язку з відсутністю в ній словозміни, структура словника буде дещо простішою. У невербальній комунікації мімічна складова відіграє дуже важливу, інколи ключову роль. Варто зазначити, що для синтаксису ЖМ для людей з вадами слуху характерна наявність немануального маркера: у запитальних реченнях для загального запитання — підняті брови, для окремого (приватного) запитання — опущені брови та нахилена вперед голова, для заперечення — негативні рухи головою, відповідний вираз обличчя. Для розповідних речень характерна наявність на обличчі емоційного забарвлення, яке відповідає змісту інформації, що передається. Множина жестів подається як

$$Ges = \{Ges_i : Ges_i = \{word\ des, pges \in PGes, em \in Em\}\}, \quad (3)$$

де $word\ des$ — позначення жесту; $PGes$ — частини жестової мови; $Em \in \{em_1, em_2, em_3\}$ — множина емоційних забарвлень жестів em_1 — розповідне емоційне забарвлення, em_2 — запитальне емоційне забарвлення; em_3 — інші емоційні забарвлення.

Інфологічну модель вербальної та жестової мови показано на рис. 1.

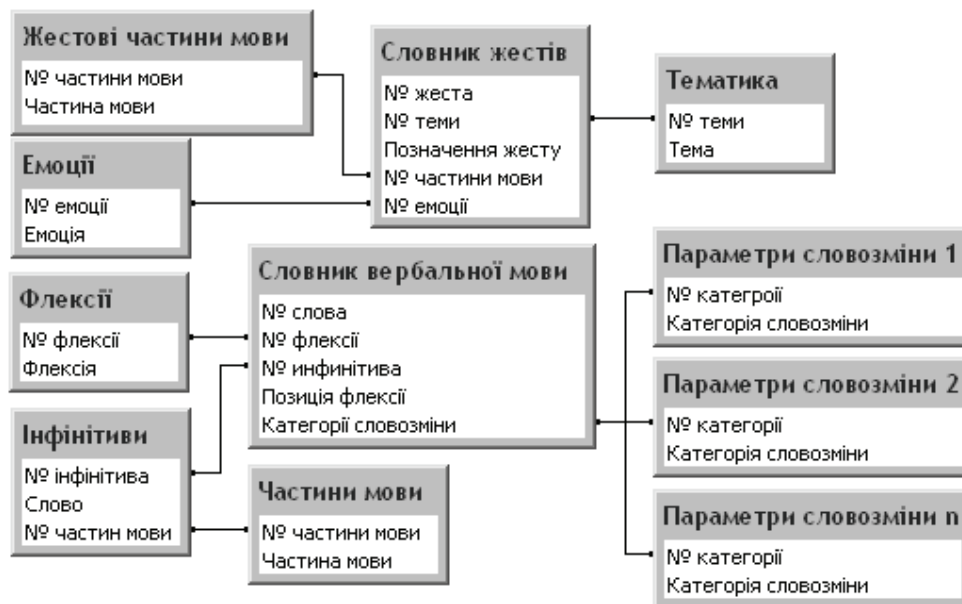


Рис. 1. Інфологічна модель словників вербальної та жестової мов

У таблиці «Словник вербальної мови» міститься посилання на інфінітив, флексію та позицію флексії. Слово представлено як конкатенація інфінітиву та флексії з указаною позицією. Для кожного зі слів зберігаються посилання на граматичні категорії, що визначають словозміну. Залежно від особливостей вербальної мови кількість категорій словозміни може бути різною. Множину жестів подано в таблиці «Словник жестів», вона містить позначення певного жесту і тематику, у якій він найчастіше використовується. Множини інфінітивів та жестів містять посилання на «Частини мови» для визначення належності їх до певних частин мови.

Використання запропонованої інфологічної моделі вимагає створення такої алгоритмічної функціональності: додавання інфінітива, флексії та слова, отримання інфінітива слова, його флексії, визначення параметрів словозміни слова. Додавання слова та флексії проводять таким чином:

- | | |
|---|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> • Вхід: слово вербальної мови, інфінітив, категорії словозміни • Визначаємо номери параметрів словозміни i [№ інфінітива] вибіркою з відповідних таблиць • Визначаємо k = позиція слова, починаючи з якої воно відрізняється від інфінітива • l = довжина слова • флексія = RIGHT(слово, $l-i$) • Якщо флексія не порожня • Якщо існує [флексія] в таблиці «Флексії» то визначаємо [№ флексії] • Інакше додаємо флексію в таблицю «Флексії» та отримуємо її номер • Кінець якщо • Інакше визначаємо номер порожньої флексії з таблиці «Флексії» • Кінець якщо • Додаємо [№ інфінітива], [№ флексії], [позицію флексії], номери параметрів словозміни в таблицю «Словник вербальної мови» | (4) |
|---|-----|

Інфологічна модель пов'язаних узагальнених граматичних конструкцій для перекладу

Після отримання інфологічного подання словників вербальної та ЖМ потрібно побудувати пов'язані узагальнені граматичні конструкції речень. Під реченням розумітимемо послідовність слів мови та знаків пунктуації. Під граматичною конструкцією речення розумітимемо послідовність слів мови, що належать до частин мови, які передають зміст. Тобто у речень відкидатимемо службові слова. Розрізнятимемо граматичні конструкції за кількістю слів, що в них входять. Елементами граматичних конструкцій (на відміну від речень) будуть множини слів, що траплятимуться у реченнях, які складають навчальну вибірку. Отже:

$$Gr = \{Gr_i = \{word_j \in W \parallel seq_j \in Seq \parallel p \in P, In_i \in In, num\};$$

$$GStr_i = \{ges_j \in Ges \parallel gseq \in Gseq \parallel pges \in PGes, num, gesnum\}\}, \quad (5)$$

де num — номер елемента в структурі речення української мови; $gesnum$ — номер елемента в структурі речення жестової мови; In — множина параметрів словозміни слова; P — множина частин вербальної мови; $PGes$ — множина частин жестової мови; W — множина слів вербальної мови; Ges — множина жестів,

$$Seq = \{Seq_i : Seq_i = \{word_j \in W : word_j \in W, n\}\};$$

$$Gseq = \{Gseq_i : Gseq_i = \{ges_j \in Ges : ges_j \in Ges, n\}\},$$

де n — номер слова в послідовності.

Після отримання множини граматичних конструкцій проведемо узагальнення кожної із множин елементів, які входять до неї. Узагальнення розумітимемо як подання кожної із отриманих множин як комбінації конкретних граматичних категорій та частин мови:

$$GGr = \{GGr_i = \{p_j \in P, In_j \in In, num\}, GStr_i = \{pges \in PGes, num, gesnum\}\}. \quad (6)$$

Для реалізації запропонованого підходу на прикладі української мови було сформовано множину речень, отриманих з програми-комплексу «Українська жестова мова» [10], який використовують у навчальних закладах для тих, хто не чує, з метою оволодіння жестовою мовою. Речення в моделі даних було об'єднано в структури, отримані через узагальнення за формулою (5). Структури речень містять замість слів їх послідовності, кожна з яких може бути використана в процесі побудови речення. Послідовності можуть містити як окремі слова, так і різноманітні множини. Наприклад, речення «він іде», «вона іде», «час йде» було об'єднано в одну послідовність «{він,

вона, час, хто, ...} іде». Крім того, послідовності можуть містити категорії словозміни *In*, перетин яких визначає множину слів.

Для представлення граматичних конструкцій (6) запропонована така інфологічна модель (рис. 2).

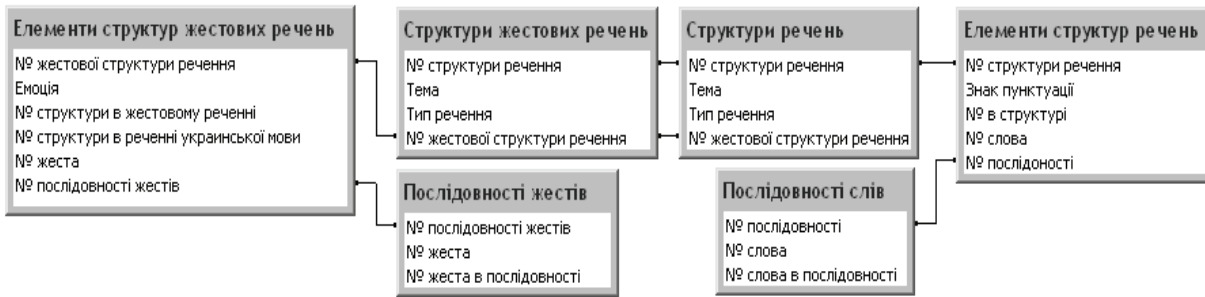


Рис. 2. Інфологічна модель зв'язків між структурами речень та структурами жестових речень

Структури речень зберігаються в таблиці «Структури речень», структури жестових речень — в «Структури жестових речень». Ці таблиці містять інформацію про тип речення та тематику речення. «Елементи структур речень» можуть містити як окремі слова (№ слова), так і послідовності слів (№ послідовності). Для збереження порядку елементів структури речення кожен з елементів має порядковий номер. «Елементи структур жестових речень» також можуть містити жести та послідовності жестів. Для забезпечення відповідності під час перекладу також в цій таблиці зберігається порядковий номер елемента структури речення українською мовою [8].

Робота з цією інфологічною моделлю вимагає створення такої алгоритмічної функціональності: створення послідовності слів, створення послідовності жестів, створення структури жестового речення, отримання номера структури речення для речення українською мовою, отримання номера структури жестового речення за номером структури речення українською мовою.

Створення послідовності слів виконуємо таким чином:

- На вхід подається послідовність слів
- Створюємо запис в таблиці «Послідовності слів», який містить перше слово послідовності та його порядковий номер
- Отримуємо створений [№ послідовності]
- Для кожного з наступних слів послідовності додаємо [№ послідовності], [слово], [№ слова в послідовності] в таблицю «Послідовності слів»

(7)

Створення послідовностей жестів аналогічне створенню послідовностей слів. Створення структури речення проводимо так:

- На вхід подається структура речення, яка складається зі слів або послідовностей слів, тип та тематика речення
- Створюємо запис у таблиці «Структури речень», який містить [тип речення] та [тему], отримуємо [№ структури речення] для створеного запису
- Для кожного елемента структури речення
- Якщо елемент — слово, визначаємо [№ слова] з таблиці «Словник української мови»
- Додаємо запис у таблицю «Елементи структур речень», який містить [№ структури речення], [№ слова], [Знак пунктуації], [№ в структурі]
- Кінець якщо
- Якщо елемент — послідовність
- виконуємо пошук її в таблиці «Послідовності слів»
- Якщо послідовність знайдена визначаємо [№ послідовності]
- Інакше створюємо нову послідовність за алгоритмом, описаним вище та визначаємо [№ послідовності]
- Додаємо запис в таблицю «Елементи структур речень», який містить [№ структури речення], [№ послідовності], [Знак пунктуації], [№ в структурі]
- Кінець

(8)

Створення структури жестових речень аналогічне створенню структури речень за винятком того, що в таблиці «Елементи структур жестових речень» міститься [номер структури в жестовому реченні] та [номер структури в реченні] для забезпечення відповідності між елементами речень УМ та ЖМ. Після створення структури жестового речення, що відповідає структурі речення УМ, в таблиці «Структури речень» вказується номер відповідної жестової конструкції.

Отримання номера структури для речення українською мовою проводимо таким чином:

- На вхід алгоритму подається речення українською мовою
- Для кожного слова речення знаходимо його № з таблиці «Словник української мови»
- Та формуємо індексовану послідовність номерів sentence
- Знаходимо список номерів структур речень list, для яких у таблиці «Елементи структур речень» даний sentence[1] міститься в послідовності слів або в полі [№ слова] та [№ в структурі] = 1
- Для всіх наступних слів речення серед структур зі списку list шукаємо ті, які містять sentence[i] в послідовності слів або в полі [№ слова] та для яких [№ в структурі] = i
- Якщо така структура знайдена, повертаємо її номер

(9)

Аналізуючи отримані множини структур речень, було отримано множину узагальнених конструкцій вербальної та жестової мов, які містять тільки категорії словозміни та не містять окремих слів або множин слів. Для кожного елемента структури речення було виділено множину категорій словозміни *In* та порядок цього елемента в конструкції (6).

Інфологічна модель для узагальнених граматичних конструкцій показана на рис. 3.



Рис. 3. Інфологічна модель зв'язків між узагальненими структурами речень та узагальненими жестовими конструкціями

Створення узагальнених конструкцій дозволило на основі аналізу категорій словозміни слів у реченні та його порядкового номера отримувати структуру жестового речення, що йому відповідає.

Таблиця «Узагальнені структури» демонструє узагальнені конструкції речень вербальної мови. Основними елементами цієї таблиці є категорії словозміни та порядковий номер елемента в структурі речення. Таблиця «Узагальнені жестові структури» містить узагальнені конструкції жестових речень, основними елементами є частина мови та номер елемента в структурі. Для роботи з цією інфологічною моделлю потрібно запропонувати таку алгоритмічну функціональність: отримання номера узагальненої структури для речення української мови, отримання узагальненої жестової конструкції за номером узагальненої структури. Створення узагальнених жестових конструкцій проходить таким чином:

- Для кожної структури struct з таблиці «Структури речень»
- Для кожної послідовності слів у структурі struct визначаємо параметри словозміни, спільні для її елементів
- Шукаємо узагальнену структуру речення української мови в таблиці «Узагальнені структури», яка містить визначені параметри словозміни
- Якщо такої узагальненої структури не існує, додаємо узагальнену структуру GenStruct в таблицю «Узагальнені структури»
- Кінець якщо
- Для struct шукаємо відповідну їй структуру gesturestruct з таблиці «Структури жестових речень»
- Визначаємо параметри жестів, спільні для кожного з елементів структури gesturestruct та визначаємо узагальнену жестову конструкцію
- Якщо отримана узагальнена жестова конструкція вже існує, створюємо посилання на неї в GenStruct
- Інакше В таблицю «Узагальнені жестові конструкції» додаємо узагальнену жестову конструкцію та посилання на неї в GenStruct
- Кінець якщо

(10)

Крім визначення структури речення необхідною для перекладу є відповідність слів жестам. Використовуючи відповідності між структурами речень та структурами жестових речень, було виділено множину відповідностей «слово → жест». У таблиці «Відповідність слів жестам» міститься номер слова та номер відповідних йому жестів.

Для отримання відповідностей «слово → жест» для кожної структури речень з таблиці «Структури речень» та відповідної їй жестової структури речень з таблиці «Структури жестових речень» було отримано відповідності між послідовностями слів та послідовностями жестів. Використовуючи такі відповідності з таблиць «Послідовності слів» та «Послідовності жестів», було сформовано таблицю «Відповідність слів жестам». У випадку наявності неоднозначних відповідностей «слово → жест» така інфологічна модель не дає можливості отримати чітке відношення між множиною слів та жестів. Якщо одному слову відповідає декілька жестів, для обрання правильного жесту використовують відношення між реченнями «Структури речень» та «Структури жестових речень» з урахуванням тематики речення, що перекладається. У випадку, якщо кільком словам відповідає один жест, труднощів в отриманні відповідності «слово → жест» не виникає.

Для автоматизованого перекладу тексту з української мови на жестову мову запропоновано такий алгоритм (рис. 4).



Рис. 4. Алгоритмічна схема автоматизованого перекладу

1. Речення надходить на вхід, виконується пошук словосполучень у реченні:

- Вхід: речення українською мовою
- Речення подаємо у вигляді індексованої послідовності слів
list[] = множина речень слова
- list2[] = null
- k = кількість слів в реченні, i=0, j=0
- Повторювати поки i < k-1
- Якщо list[i] + ' ' + list[i+1] існує в таблиці «Словник української мови»
- list2[j] = list[i] + list[i+1]
- i = i+2
- j = j+1
- Інакше i = i+1
- Кінець циклу
- Отриманий список list2 містить індексовану послідовність слів та словосполучень

(11)

2. Використовуючи «Словник вербальної мови», для кожного зі слів та словосполучень зі списку list2 з таблиці «Словник вербальної мови», використовуючи вищеописані алгоритми, визначаються параметри словозміни.

3. На основі параметрів словозміни кожного зі слів визначається узагальнена конструкція речення вербальної мови.

4. Якщо відповідна узагальнена конструкція не знайдена, виконуємо пошук схожої за структурою конструкції. У таблиці «Узагальнені структури» виконуємо пошук узагальненої структури речення, яка частково відповідає вхідним параметрам: всі елементи структури, крім одного, відповідають словам вхідного речення.

5. Знайшовши узагальнену структуру речення, отримуємо відповідну йому узагальнену жестову конструкцію з таблиці «Узагальнені жестові конструкції» за зв'язаним полем [номер узагальненої жестової конструкції].

6. Для кожного з слів вхідного речення виконується пошук відповідностей «слово → жест», використовуючи таблиці «Відповідність слів жестам», «Словник вербальної мови» та «Словник жестів».

7. Якщо знайдено узагальнену структуру речення вербальної мови, відповідну їй узагальнену жестову конструкцію та всі відповідності «слово → жест», то для отриманої конструкції жестової мови, використовуючи відповідності «слово → жест», виводиться результат перекладу.

8. Якщо знайдено узагальнену структуру речення вербальної мови, яка частково збігається з структурою вхідного речення, виконується спроба прогнозу перекладу. Замість узагальненої структури речення використовується структура, яка частково збігається зі вхідною, та на її основі використовуючи відповідності «слово → жест», будується жестове речення.

9. Якщо не знайдено узагальнених структур, які частково збігаються з структурою вхідного речення, то воно додається в статистичну базу для подальшої обробки. Якщо для якогось з слів речення не знайдено відповідного жесту, слово позначається в статистичній базі для подальшої обробки.

10. Отримавши результат, користувач вибирає один із варіантів:

— Результат задовільний. Речення позначається як правильне і додається в статистичну базу.

— Результат незадовільний і правиться вручну. Після цього в статистичну базу вноситься і варіант і запропонований варіанти для забезпечення прийняття рішень надалі.

11. У випадку, якщо не знайдено узагальненої структури речення, відповідності «слово → жест» або результат перекладу незадовільний, то — уповноважений перекладач може додати нову конструкцію перекладу, змінити вже існуючу, встановити відповідність «слово → жест» або додати новий жест.

Реалізація системи автоматизованого перекладу на прикладі української мови

Для заповнення інфологічної моделі даними було розроблено застосування, яке на вхід якого подається слово української мови. За допомогою (4) воно розбивалося на комбінацію інфінітива та флексії і записувалося в базу даних. У випадку, якщо вхідне слово — інфінітив, воно заносилося в

базу даних у таблицю «Інфінітиви». В іншому випадку виконувався пошук номера інфінітива, після чого для слова знаходиться спільна з інфінітивом частина та його флексія. Якщо така флексія раніше не зустрічалася, то вона додавалася в таблицю «Флексії», після чого слово зберігалось в таблиці «Словник вербальної мови» як номер інфінітива, номер флексії, позиція флексії та параметри словозміни слова.

Для заповнення структур речень української мови використовувались алгоритми (7), (8). На вхід подавали речення, виконувався пошук в базі даних структур, які частково збігаються зі вхідним реченням за алгоритмом (9). У випадку, якщо такі структури знайдено, слова вхідного речення додавалися до цієї структури речення. Якщо схожих структур не було, створювалася нова структура (8).

Для створення відповідних жестових конструкцій розроблено відповідне застосування (рис. 5). За алгоритмом (9) виводилася множина структур речень відповідно до обраної теми. В процесі вибору структури речення виконувався пошук відповідної структури жестового речення. Для кожної зі структур побудовано відповідну їй структуру жестового речення. Для додавання жестів у структуру жестового речення виконувався пошук відповідного жесту в базі даних за його позначенням.

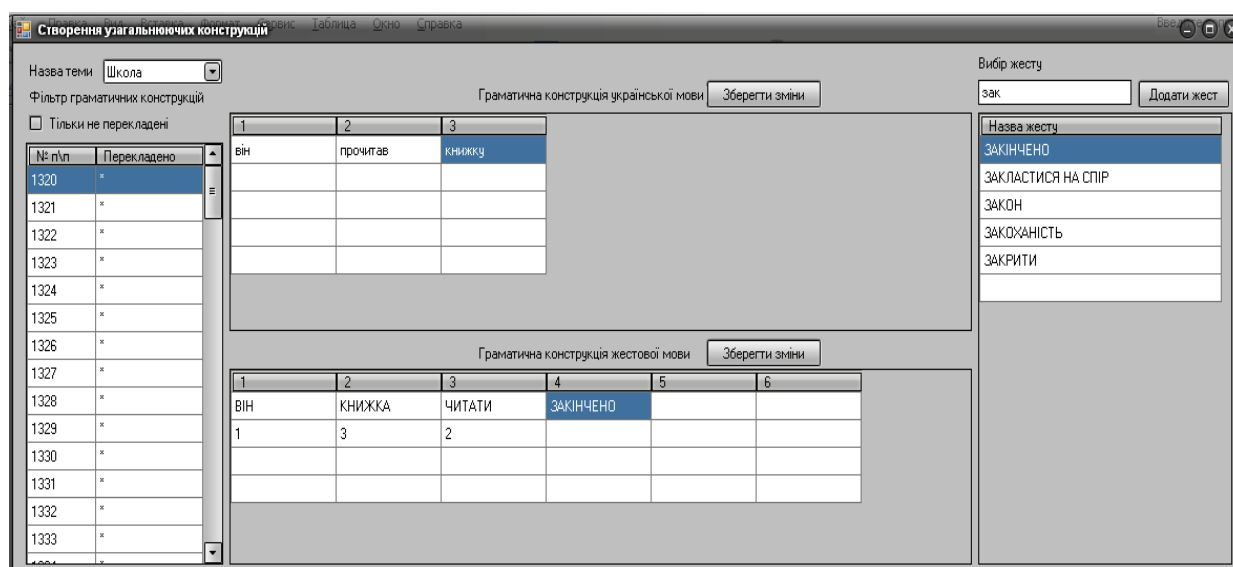


Рис. 5. Застосування для створення узагальнених жестових конструкцій

Реалізація інформаційної системи для автоматизованого перекладу

Для перевірки ефективності запропонованої технології перекладу реалізовано відповідне програмне забезпечення.

Отримавши речення для перекладу за алгоритмом (11), виконувався пошук словосполучень у вхідному реченні. Після знаходження словосполучень за алгоритмами визначалася узагальнена структура речення та відповідна їй узагальнена жестова конструкція. Визначалися відповідності «слово → жест» для кожного з слів вхідного речення, після чого виводиться результат перекладу. Отримавши переклад, можна позначити його як задовільний, незадовільний або редагувати його.

Експериментальні результати

За допомогою запропонованої технології було введено словник української та жестової мов, отримано множину з 2 млн слів української мови та 3200 жестів. У результаті перекладу множини речень з української на жестову мову та групування їх в граматичні конструкції було отримано 1050 конструкцій перекладу.

Для перевірки ефективності технології було використано множину з 10 тис. речень, узятих із програми вивчення української жестової мови для спеціалізованих шкіл. Речення містять жести з множини тем, які використовуються людьми з вадами слуху для повсякденного спілкування. В результаті перекладу множини речень з української на жестову мову та групування їх в граматичні конструкції було отримано 1050 конструкцій перекладу. Після проведення аналізу констру-

кцій перекладу було отримано 293 узагальнених конструкції перекладу. Під час тестування на реченнях, взятих з програми вивчення української жестової мови, отримано однозначний переклад без спотворення сенсу в 100 % випадків. Так само успішним був переклад з використанням інших речень з тим же словниковим запасом.

Висновки

Запропоновано інформаційну технологію перекладу з флективної вербальної на жестову мову. Інформаційна технологія реалізована на прикладі української мови. Створені інфологічні подання словників української мови як множини інфінітивів, флексій та параметрів словозміни слів і жестової мови як множини жестів та параметрів, що їх характеризують; розроблено механізм подання відношень між словами української та жестами жестової мови у вигляді узагальнених граматичних конструкцій та зв'язків між жестами і словами; розроблено інформаційну технологію для здійснення автоматизованого перекладу за допомогою отриманих моделей; для перевірки життєздатності запропонованої технології перекладу реалізовано відповідне забезпечення.

Подальші дослідження спрямовані на створення на основі запропонованої інформаційної технології веб-застосування, яке б дозволило виконувати переклад в режимі online; тестування запропонованої технології більшою кількістю речень; збір статистики використання конструкцій для перекладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інформаційна технологія для моделювання української мови жестів / [Ю. Г. Кривонос, Ю. В. Крак, О. В. Бармак та ін.] // Штучний інтелект. — 2009. — № 3 — С. 186—197.
2. Зайцева Г. Л. Жестовая речь. Дактилология : учеб. для студ. высш. учеб. Заведений / Г. Л. Зайцева. — М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. — 61 с.
3. Широков В. А. Інформаційна теорія лексикографічних систем / В. А. Широков. — К. : Довіра, 1998. — 331 с.
4. Широков В. А. Феноменологія лексикографічних систем / В. А. Широков. — К. : Наук. Думка, 2004. — 327 с.
5. Корпусна лінгвістика : моногр. / [В. А. Широков, О. В. Бугаков, Т. О. Грязнухіна та ін.] // Український мовно-інформаційний фонд НАН України. — К. : Довіра, 2005. — 472 с.
6. Любченко Т. П. Програмно-технологічні аспекти створення граматичних лексикографічних систем / Т. П. Любченко // Проблеми програмування. — 2007. — № 3. — С. 61—75.
7. Шульжук К. Ф. Синтаксис української мови / К. Ф. Шульжук. — К. : Академія, 2004. — С. 152—160.
8. Крак Ю. В. Узагальнені граматичні конструкції для автоматизованого перекладу з української мови на українську жестову мову / Ю. В. Крак, О. В. Бармак, С. О. Романишин // Штучний інтелект. — 2011. — № 3. — С. 136—146.
9. Бармак О. В. Комп'ютерна технологія для перекладу з української на жестову мову / О. В. Бармак, С. О. Романишин // Вісник Тернопільського національного технічного університету. — 2012. — № 1 (65). — С. 195—208.
10. Програма-комплекс «УКРАЇНСЬКА ЖЕСТОВА МОВА» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://www.mon.gov.ua/education/average/programs_gluh.

Рекомендована кафедрою мовознавства

Стаття надійшла до редакції 29.08.2013
Рекомендована до друку 30.10.2013

Бармак Олександр Володимирович — доцент, **Романишин Сергій Олександрович** — аспірант.
Хмельницький національний університет, Хмельницький