

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО ПЕРЕКЛАДУ НА ОСНОВІ ПРАВИЛ ДЛЯ ПЕРЕКЛАДУ З УКРАЇНСЬКОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ

© Лозинська О.В., 2014

Розглянуто використання машинного перекладу на основі правил для української жестової мови. Описано основні принципи перекладу з української жестової мови на українську словесну мову. Виділено правила для перекладу на українську словесну мову, враховуючи граматичні особливості української жестової та словесної мов.

Ключові слова: українська жести́ва мова, корпус паралельних текстів, машинний переклад на основі правил, грамати́ка.

The use of machine translation on the basis of rules for the Ukrainian Sign Language is considered. The basic principles of transformation from Ukrainian Sign Language into Ukrainian Spoken Language are described. The rules for translating into Ukrainian Spoken Language including grammatical features of Ukrainian Sign and Spoken Languages are selected.

Key words: Ukrainian Sign Language, bilingual corpora, rule-based machine translation, grammar.

Вступ

Українська жести́ва мова (УЖМ) є природним способом спілкування людей, які не чуять, та невід’ємною частиною їхньої особистості. Для вирішення проблеми доступу до інформаційних ресурсів такої категорії громадян розробляють принципово нові комп’ютерні технології доступу до освітніх інформаційних ресурсів, облаштовують сучасні комп’ютеризовані робочі місця, розробляють спеціальне програмне забезпечення, яке допомагає у вивченні та перекладі української жестової мови. Такі розроблення, крім комп’ютерного застосування, мають велике соціальне значення, зокрема дають можливість особам з вадами слуху брати активну участь в комунікаційному процесі як між собою, так і з людьми без цих вад. З іншого боку, розроблення і комп’ютерна реалізація української жестової мови дають змогу широкому загалу людей вільно спілкуватися з людьми, які не чуять.

Жести́ва мова (ЖМ) – самостійна, природна мова, що складається з комбінації жестів, кожен з яких виконується руками в поєднанні з мімікою, формою або рухом рота і губ, а також в поєднанні з положенням корпусу тіла. Послідовність слів у реченні жестової мови відрізняється від словесної мови (СМ). Незважаючи на відсутність прийменників та відмінків, українська жести́ва мова є багаторівневою лінгвістичною системою, що володіє широким набором лексичних, граматичних засобів для висловлення думки та аналізу інформації.

Постановка проблеми

Українська жести́ва мова, на відміну від калькованої жестової мови, яка повністю повторює порядок слів речення словесної мови, має свій синтаксис та правила побудови речення. Переклад української жестової мови є складною задачею, розв’язання якої вимагає аналізу граматики УЖМ, побудови правил перекладу з української словесної мови (УСМ) на жести́ву та навпаки. Значна лінгвістична відмінність жестової мови від словесної ускладнює процес перекладу.

У разі перекладу з української жестової на українську словесну мову проблеми зняття омографії відрізняються від подібних проблем під час перекладу з однієї словесної мови на іншу. Деякі поняття, що однозначно сприймаються в словесній мові, у жести́вій мові набувають кількох семантичних значень, які повинні бути уточнені для правильного перекладу. Це притаманно не

лише українській жестовій мові, а й іншим жестовим мовам, наприклад, російській [1], [2]. Крім того, дуже часто один жест виражає ціле словосполучення.

Під час розроблення засобів машинного перекладу УЖМ постають додаткові проблеми, пов'язані з відсутністю необхідних словників української жестової мови та відсутністю досконалого опису граматики УЖМ. Для синтезу жестового мовлення необхідно розробити відеословники високої чіткості або створити базу рухів тривимірних персонажів належної якості.

Переклад з української жестової мови на українську словесну передбачає синтаксичний розбір речень жестовою мовою, побудову правил перекладу української жестової мови на текст і навпаки, усунення омографії, уточнення змісту та синтез правильних конструкцій словесною мовою. На рис. 1 описано структуру такої системи.

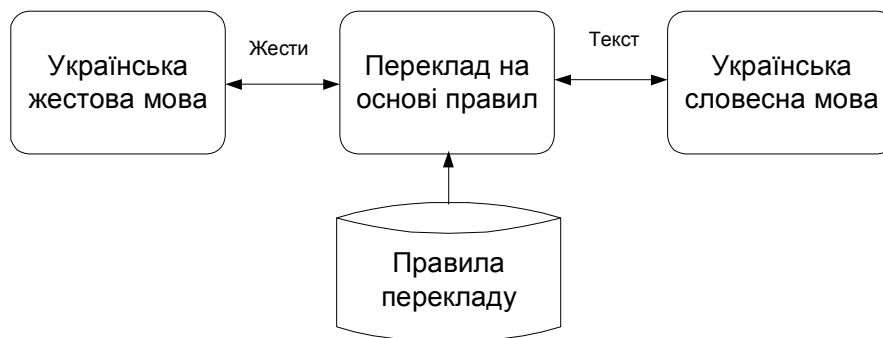


Рис. 1. Система перекладу української жестової мови

На вхід цієї системи подається послідовність жестів у вигляді записаних слів (один жест відповідає одному слову). Модуль машинного перекладу на основі правил трансформує вхідну послідовність жестів у вихідну послідовність слів української словесної мови. Цей модуль здійснює процес перекладу за допомогою спеціальних правил перекладу. На виході системи отримуємо речення українською словесною мовою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження машинного перекладу жестової мови у світі виявили найуспішніші методи машинного перекладу на основі правил та на основі даних [3].

Для перекладу на жестову мову відомі різні методи, зокрема методи перекладу на основі прикладів [4], методи перекладу на основі правил [5], методи перекладу на основі даних [6] та статистичні методи перекладу [7], [8]. Іспанські вчені Р. Сан-Сегундо та ін. [5] порівняли підходи на основі правил, на основі фраз та статистичний підхід для перекладу на іспанську жестову мову. За даними, наведеними у [5], найточнішим виявився підхід на основі правил.

Серед відомих іноземних систем машинного перекладу на жестову мову на основі правил досліджено проекти ViSiCAST [9], eSIGN[10], TEAM [11], ASL Workbench [12], iCommunicator [13] та Artemis [14].

Також розроблено систему для перекладу англійської мови на південноафриканську жестову мову [15]. Вчені С. Балдассаррі та ін. [16] розробили систему перекладу іспанського тексту на іспанську жестову мову. Вчений Т. Дасгупта [17] описав систему для перекладу тексту англійською мовою на індійську жестову мову.

Систему перекладу на основі фраз із чеської жестової мови на чеську та навпаки описано у роботі [18]. Проведено порівняння якості машинного перекладу та ручного. Експерименти проводились на корпусі паралельних текстів чеської жестової та словесної мов, який містить 1130 діалогів. У роботі [8] розроблено систему статистичного машинного перекладу з німецької жестової мови на німецьку словесну та навпаки. Для тренування цієї системи використано корпус паралельних текстів, який містить 1399 речень німецькою жестовою та словесною мовами.

Незважаючи на збільшення кількості наукових робіт, пов'язаних із синтаксичними особливостями української жестової мови [19], [20], [21], досі відсутні відкриті для використання програми автоматичного синтаксичного аналізу речень українською жестовою мовою.

Українські вчені Ю.В. Крак, О.В. Бармак та ін. з Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України займаються дослідженнями УЖМ [22]. Вчені запропонували речення об'єднувати в узагальнені структури, які міститимуть замість слів їх послідовності, кожна з яких може використовуватися для побудови речення, та побудували 764 таких узагальнених граматичних конструкцій із 6559 речень. Також вчені виділили узагальнені конструкції, які використовують не фіксовані множини слів, а ознаки граматичних категорій для групування. Проте переклад здійснюється тільки з української словесної на жестову мову. Крім того, у роботі не наведено результатів експериментів, які оцінюють правильність перекладу цієї системи.

Для того, щоб розробити автоматизовану систему перекладу з української словесної мови на українську жестову та навпаки, потрібно розробити синтаксичний аналізатор речень для обох мов, створити систему правил перекладу з однієї мови на іншу, а також розробити корпус паралельних речень (УСМ – УЖМ) для порівняння якості перекладу.

Цілі статті

Метою статті є систематизація правил для машинного перекладу речень з української жестової мови на українську словесну мову та їх застосування. На основі наведених прикладів перекладу визначено основні правила перекладу з УЖМ на УСМ. Розглянуто стверджувальні, заперечні й запитальні речення. Наведено результати перекладу з української жестової мови на українську словесну мову.

Правила трансформації речень з української жестової мови

Як в українській словесній мові, так і у жестовій структурну основу двоскладного речення утворюють підмет і присудок. Двоскладні речення подані в кожній мові кількома структурними схемами залежно від граматичного оформлення підмета і присудка і залежно від характеру зв'язку між ними [23]. Нижче розглянуто основні групи речень УЖМ і наведено правила перекладу для кожної з них.

Стверджувальні речення. Розглянено речення УЖМ “Я читати книга цікавий”. Оскільки українська словесна мова є флективною, то це саме речення українською словесною мовою можна побудувати так: “Я читаю цікаву книгу”, “Я цікаву книгу читаю” або “Я цікаву читаю книгу”. Зміст речення при цьому не зміниться. Цього не можна стверджувати щодо української жестової мови, в якій порядок слів строго визначений та підпорядковується правилам граматики жестової мови. Найчастіше слова в українській жестовій розташовуються у порядку SVO (“Subject + Verb + Object”), що є прямим порядком розташування слів. В українській словесній мові, порівняно з жестовою, порядок слів є вільним, однак існують певні правила, які визначають послідовність розміщення членів речення: найчастіше слова розташовуються у порядку SVO, що є прямим порядком розташування слів для української мови [24]. Отже, порядок слів завжди підпорядкований певним нормам і завжди виконує ті чи інші граматичні, смислові чи стилістичні функції. Враховуючи особливості української словесної мови, вищенаведене речення на УСМ буде відтворене так: “Я читаю цікаву книгу”.

На основі правил граматики української жестової мови визначено правила перекладу, за допомогою яких отримаємо речення УСМ.

Правило № 1. Якщо потрібно відтворити розповідне стверджувальне речення на УСМ, тоді першим відтворюється суб'єкт (підмет), потім предикат (присудок) і об'єкт (додаток). Ознака (прикметник) відтворюється перед означуваним словом (підметом чи додатком). Отже, набір правил для стверджувального речення УСМ матиме такий вигляд:

VERB->show (Subject, *, Object),

SUBJECT->show (Adj1, Adj2, ..., AdjN, *),

OBJECT->show (Adj1, Adj2, ..., AdjN, *).

Позначення часу в УЖМ. В українській жестовій мові для позначення дії предмета вживається інфінітив, а також допоміжні дієслова для позначення минулого та майбутнього часів (Verba, auxiliary verb). Наприклад, “читав” ми перекладемо як “читати + був”, а “читатиму” як “читати + буду”. Для дієслів теперішнього часу – переклад здійснюється без будь-яких уточнень часу. Це розглянено на прикладі речення УЖМ “Я читати був книга цікавий”. У цьому реченні дієслово у минулому часі. Отже, переклад на українську словесну мову цього речення такий: “Я читав цікаву книгу”.

Правило № 2. Якщо у реченні УЖМ використовуються допоміжні жести “буду” (майбутній), “був”, “вже” (минулий), які додаються до основного жесту, тоді у перекладеному реченні УСМ дієслова будуть у минулому або майбутньому часі без допоміжних дієслів. Уточнені правила для минулого та майбутнього часу матимуть такий вигляд:

VERB[FUTURE]->show (Subject, *, Object),
VERB[PAST]->show (Subject, *, Object).

Правило № 3. Будуючи розповідне стверджувальне речення, обставини (прислівники) використовують або перед, або після тих слів, до яких вони стосуються. Отже, набір правил для наведеного речення УСМ матиме такий вигляд:

1) якщо обставина у реченні використовується перед присудком:

VERB->show (Subject, ADV, *, Object),
VERB[FUTURE]->show (Subject, ADV, *, Object),
VERB[PAST]->show (Subject, ADV, *, Object);

2) якщо обставина у реченні використовується після присудка:

VERB->show (Subject, *, ADV, Object),
VERB[FUTURE]->show (Subject, *, ADV, Object),
VERB[PAST]->show (Subject, *, ADV, Object).

Для прикладу розглянено речення жестовою мовою “Я знати добре жестова мова”. Оскільки в українській словесній мові, порівняно з жестовою, порядок слів є вільним, то це речення в УСМ можна побудувати так (табл. 1).

Таблиця 1

Приклади перекладу з УЖМ на УСМ

УЖМ	УСМ
Я знати добре жестова мова	1) Я добре знаю жестову мову
	2) Я знаю добре жестову мову

Заперечні речення. В УСМ заперечні одиниці “ні”, “не буде”, “ніколи”, “не хочу” тощо, на відміну від УЖМ, застосовуються перед тими словами, які вони заперечують.

Правило № 4. Для відтворення розповідного заперечного речення заперечні жести “ні”, “не буде”, “ніколи”, “не хочу” використовуються перед тими словами, які вони заперечують. Отже, набір правил для заперечних речень УСМ матиме такий вигляд:

VERB[NEG]->show (Subject, ADV, не, *, Object),
VERB[FUTURE, NEG]->show (Subject, ADV, не, *, Object),
VERB[PAST, NEG]->show (Subject, ADV, не, *, Object).

Застосування цього правила розглянено на прикладі речення УЖМ “Я вчити не уроки”. Відповідно до правила, наведене речення українською словесною мовою: “Я не вчу уроки”. Крім того, одиниці СМ, які містять заперечення, в УЖМ, за можливості, замінюють не відповідними, а іншими жестами. Це стосується прикметників із заперечною часткою “не”. Наприклад, “не дорогий” – “дешевий”, “не весело” – “сумно”. Для розв’язання цієї задачі потрібно використовувати словник антонімів.

Питальні речення. Одним із засобів вираження питального речення в українській словесній мові є вживання питальних займенників (“хто”, “що”, “який”, “чий”, “котрий”, “скільки”, “де”, “куди”, “звідки”, “як”, “коли”, “доки”, “чому”, “навіщо” тощо.), питальних часток (“чи”, “хіба”, “невже”), які, виступаючи членом речення, підсилюють питальне його значення. Питальне слово в них, як правило, стоїть на початку [23]. В українській жестовій мові для побудови питального речення застосовується таке правило: питальні слова завжди ставляться в кінці речення.

Крім того, для правильного генерування перекладу враховано типи питальних речень:

- 1) загальне питання – до всього речення (наприклад, речення “Ви вчитель?”);
- 2) спеціальні питання – до другорядних членів речення (наприклад, “Де ти живеш?”).

Для того, щоб описати правила трансформації питального речення з УЖМ на УСМ, наведемо приклади перекладу речень (табл. 2).

Таблиця 2

Приклади перекладу з УЖМ на УСМ

УЖМ	УСМ
1) Вчитель ви?	1) Ви вчитель?
2) Ти жити де?	2) Де ти живеш?

Правило № 5. У разі відтворення питального речення на УСМ першим відтворюється питальне слово, потім суб’єкт, предикат і об’єкт. Для показу питального речення у словесній мові застосовується знак питання, у жестовій мові використовується питальна міміка обличчя (*question face expression, QFE*). Отже, набір правил для питального речення УСМ матиме такий вигляд:

- 1) питальне слово – займенник (Pron, pronomen):

VERB[QUESTION]->show (Subject (Pron), *, Object, “?”),

VERB[FUTURE, QUESTION]->show (Subject (Pron), *, Object, “?”),

VERB[PAST, QUESTION]->show (Subject (Pron), *, Object, “?”);

- 2) питальне слово – частка (Pt, particle):

VERB[QUESTION]->show (Pt, Subject, *, Object, “?”),

VERB[FUTURE, QUESTION]->show (Pt, Subject, *, Object, “?”),

VERB[PAST, QUESTION]->show (Pt, Subject, *, Object, “?”).

Окличні речення. В українській словесній мові розповідні, питальні й спонукальні речення можуть бути емоційно забарвленими (окличними) [23]. Окличні речення як в українській словесній мові, так і у жестовій можуть виражати: здивування, іронію, розгубленість, сумнів, невпевненість, упевненість; жах, злість, гнів, жаль, ніжність, любов, захоплення, докір, осуд, погрозу, наказ, заклик, прохання тощо. Ці речення вимовляються підвищеним тоном з особливою інтонацією, в кінці яких в УСМ ставиться знак оклику. В українській жестовій мові окличні речення передаються за допомогою виразу обличчя (міміки) та жестикуляції (сплеск руками), тобто будь-яким природним жестом.

Правило № 6. Для перекладу окличного речення на УСМ першим відтворюється суб’єкт, потім предикат, об’єкт. Для показу окличного речення у словесній мові застосовується знак оклику, у жестовій мові використовується міміка обличчя (*exclamation face expression, EFE*). Отже, набір правил для окличного речення УСМ матиме такий вигляд:

VERB[EXCLAMATION]->show (Subject, *, ADV, Object, “!”),

VERB[FUTURE, EXCLAMATION]->show (Subject, ADV, *, Object, “!”),

VERB[PAST, EXCLAMATION]->show (Subject, ADV, *, Object, “!”).

Аналіз результатів

Для тестування машинного перекладу на основі правил з української жестової мови на українську словесну зібрано корпус паралельних текстів “Українська словесна мова – Українська

жестова мова”. Цей корпус містить 220 простих речень різної тематики українською словесною мовою та їх перекладів жестовою, 932 слова УСМ і 839 слів УЖМ. У корпусі містяться прості розповідні, заперечні та питальні речення. Основні характеристики корпусу наведено у табл. 3.

Таблиця 3

**Статистика корпусу паралельних текстів
“Українська словесна мова – Українська жестова мова”**

	УСМ	УЖМ
Кількість речень	220	
Кількість слів	932	839
Словник	432	398

Переклад здійснювався на основі правил, систематизованих за допомогою корпусу паралельних текстів. Для оцінки якості перекладу з української жестової на українську словесну мову використано оцінки WER (word error rate) – оцінка помилок перекладу, PER (position-independent word error rate) – позиційно-незалежна оцінка помилок. Результати оцінки якості перекладу наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Оцінка якості перекладу

	WER, %	PER, %
УЖМ→УСМ	58,42	36,67

Основними помилками, які виникали під час перекладу з УЖМ на УСМ, є невідповідність закінчень іменників, займенників, прикметників та дієслів. Це пов’язано з тим, що усі іменники, займенники та прикметники в українській жестовій мові не мають закінчень, за якими можна ідентифікувати відмінок, рід та число, як у словесній мові. Також в УЖМ відсутні прийменники, а напрямок руху та розміщення жестів вже закладені у самих жестах. В українській словесній мові за закінченням дієслів визначають число, особу, рід, час, вид та спосіб, а у жестовій мові всі дієслова у неозначеній формі дієслова. Тобто для якісного перекладу потрібно за допомогою супутніх жестів визначити усі морфологічні ознаки іменників, займенників, прикметників та дієслів. Для цього потрібно деталізувати правила перекладу з УЖМ на УСМ, зважаючи на граматичні особливості української жестової мови. Проте, враховуючи наведені вище правила, у перекладі виникали помилки. Нижче подано кілька прикладів машинного перекладу з УЖМ на УСМ та відповідний переклад у корпусі паралельних текстів цих речень (табл. 5).

Таблиця 5

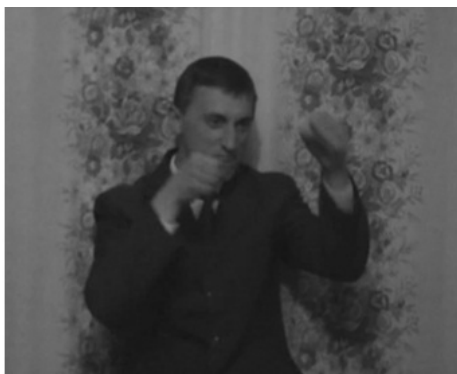
Приклади перекладу УЖМ® УСМ

№	Українська жестова мова	Українська жестова мова (машинний переклад)	Українська словесна мова
1	Сестра ти скільки?	Скільки ти сестра?	Скільки в тебе є сестер?
2	Він любити лижі.	Він любить лижі.	Він любить кататися на лижах.
3	Діти ти?	Твої діти?	У тебе є діти?
4	Дорога рівно.	Дорога рівно.	Дорога йде рівно.

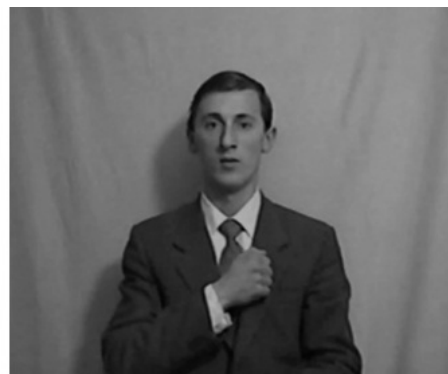
Також під час перекладу потрібно враховувати такі додаткові правила:

- один жест може відповідати одному слову;
- унікальний жест можуть утворювати декілька слів;
- кілька жестів може відповідати одному слову;
- генерування декількох жестів із декількох слів із урахуванням певних зв’язків між ними.

Тому для цього треба створити словник таких жестів та їх відповідних перекладів українською словесною мовою. Крім того, відповідно до контексту речення, в УЖМ використовуються різні жести на позначення дії. Наприклад, дієслово “битися” у різних контекстах позначається різними жестами: “він б’ється” і “серце б’ється” (рис. 2). Тобто основне завдання полягає в виборі значення багатозначного слова чи словосполучення залежно від контексту. Для вирішення цього завдання потрібно створити двомовний словник концептів та правил визначення, до якого концепту належить слово у певному контексті для української жестової мови.



а



б

Рис. 2. Зображення жестів: а – “він б’ється”; б – “серце б’ється”

Висновки

Систематизовано правила перекладу з української жестової мови на українську словесну. Запропоновано метод машинного перекладу на основі правил для української жестової мови. Експерименти проводились на корпусі паралельних текстів “Українська словесна мова – Українська жестова мова”, який містить 220 речень. Аналіз отриманих результатів показав доцільність використання машинного перекладу на основі правил. Подальше дослідження спрямоване на розроблення двомовного словника концептів та правил визначення, до якого концепту належить слово у певному контексті для української жестової мови. Результати цієї роботи можна використати під час розроблення програм перекладу з однієї мови на іншу, що полегшить спілкування осіб із вадами слуху між собою і з тими, хто не володіє жестовою мовою.

1. Воскресенский А.Л. О распознавании жестов языка глухих / А.Л. Воскресенский, С.Н. Ильин, М. Zelezny // *Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной Международной конференции “Диалог” (Бекасово, 26–30 мая 2010 г.)*. – Вып. 9 (16). – М.: РГГУ, 2010. – С. 76–81. 2. Гриф М.Г. Проблема автоматизации сурдоперевода с позиции прикладной лингвистики / М.Г. Гриф, М.К. Тимофеева // *Сибирский филологический журнал*. – 2012. – № 1. – С. 211–219. 3. Almasoud A. M. A Proposed Semantic Machine Translation System for translating Arabic text to Arabic sign language / A. M Almasoud., H. S. Al-Khalifa // *Journal of Software Engineering and Applications*. – 2012. – Vol. 5, № 8. – P. 604–612. 4. Morrissey S. An Example-based Approach to Translating Sign Language / S. Morrissey, A. Way // *In Proceedings of the Workshop in Example-Based Machine Translation (MT Summit X), Phuket, Thailand*. – 2005. – P. 109–116. 5. San-Segundo R., Pérez A., Ortiz D., D’Haro L.F., Torres M.I., Casacuberta F. Evaluation of Alternatives on Speech to Sign Language Translation / R. San-Segundo, A. Pérez, D. Ortiz, L. F. D’Haro, M. I. Torres, F. Casacuberta // *Proc. of Interspeech 2007*. – Antwerp, Belgium. – 2007. – P. 2529–2532. 6. Morrissey S. Joining hands: developing a sign language machine translation system with and for the deaf community / S. Morrissey, A. Way // *In Proceedings of the Conference and Workshop on Assistive Technologies for People with Vision and Hearing Impairments – Assistive Technology for All Ages (CVHI-07)*. – Granada, Spain.

7. Stein D. *Hand in Hand: Automatic Sign Language to Speech Translation* / D. Stein, P. Dreuw, H. Ney, S. Morrissey, A. Way // *In Proceedings of Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation (TMI-07)*. – Sweden. – 2007. – P. 214–220.
8. Bungeroth J. *Statistical Sign Language Translation* / J. Bungeroth, H. Ney // *Proc. LREC 2004, Workshop proceedings: Representation and Processing of Sign Languages*. – Lisbon, Portugal. – 2004. – P. 105–108.
9. Проект ViSiCAST [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.visicast.co.uk/>.
10. Проект eSIGN [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/eSIGN/index.html>.
11. Zhao L. *A Machine Translation System from English to American Sign Language* / L. Zhao, K. Kipper, W. Schuler, C. Vogler, N. Badler, M. Palmer // *In Envisioning Machine Translation in the Information Future: Proceedings of the Fourth Conference of the Association for Machine Translation (AMTA-00)*. – Cuernavaca, Mexico. – 2000. – P. 293–300.
12. Speers d'A. L. *Representation of American Sign Language for Machine Translation*. PhD. dissertation, Graduate School of Arts and Sciences, Georgetown University, 2001.
13. Проект "iCommunicator" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.icommunicator.com>.
14. Проект Artemis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www-sim.int-evry.fr/Artemis>.
15. Zijl L. *The South African Sign Language Machine Translation Project: Issues on Non-manual Sign Generation* / L. Zijl, A. Combrink // *In Proceedings of South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference (SAICSIT 06)*, Cape Winelands, South Africa. – 2006. – P. 127–134.
16. Baldassarri S. *An automatic rule-based translation system to Spanish Sign Language* / Baldassarri S., Royo-Santas F. // *New Trends on Human-Computer Interaction*. – 2009. – P. 1–11.
17. Dasgupta T. *Prototype Machine Translation System From Text-To-Indian Sign Language* / T. Dasgupta, S. Dandpat, A. Basu // *In Proceedings of the IJCNLP-08 Workshop on NLP for Less Privileged Languages*. – 2008. – P. 19–26.
18. Kanis J. *Automatic Czech – Sign Speech Translation* / J. Kanis, L. Müller // *TSD 2007: Pilsen, Czech Republic*. – 2007. – P. 488–495.
19. Краєвський Р. Г. *Мова жестів глухих* / Р. Г. Краєвський. – К.: Рад. Школа, 1964. – 219 с.
20. Адамюк Н. Б. *Синтаксичні особливості УЖМ: на прикладі простого речення* / Н.Б. Адамюк, І.І. Чепчина // *Жестова мова й сучасність: зб. наук. праць*. – Вип. 4. – К.: Педагогічна думка, 2009. – С. 170–191.
21. Кульбіда С. В. *Українська жестова мова як природна знакова система. Жестова мова й сучасність: зб. наук. праць* / С. В. Кульбіда // К.: Центрорук. – 2009. – С. 218–239.
22. Бармак О. *Комп'ютерна технологія для перекладу з української на жестову мову* / Бармак О., Романишин С. // *Вісник ТНТУ*. – 2012. – Том 65. – № 1. – С.195–208.
23. Вихованець І. Р. *Грамматика української мови. Синтаксис* / І. Р. Вихованець. – К., 1993. – 368 с.
24. Загнітко А. П. *Основи українського теоретичного синтаксису. Частина 1* / А. П. Загнітко. – Горлівка, 2004.