

УДК 004.89:004.93

О.Бармак; С.Романишин

Хмельницький національний університет

## КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПЕРЕКЛАДУ З УКРАЇНСЬКОЇ НА ЖЕСТОВУ МОВУ

**Резюме.** Розглянуто проблему побудови системи автоматизованого перекладу з української на жестову мову. Запропоновано інформаційну технологію, що дозволяє побудувати таку систему. Основна ідея полягає у створенні механізму узагальнених граматичних конструкцій простих речень української та жестової мов. Отримані узагальнені конструкції пов'язані між собою зв'язками, які дозволяють здійснювати переклад, не гублячи при цьому сенс тексту. Проведено експериментальне дослідження на множині слів та жестів в обсязі програми спеціальних шкіл для дітей з вадами слуху.

**Ключові слова:** українська жестова мова, автоматизований переклад.

О.Barmak, S.Romanyshyn

## THE COMPUTER TECHNOLOGY OF TRANSLATION FROM UKRAINIAN INTO SIGN LANGUAGE

**The summary.** The article is devoted to the problem of construction of automated translation from Ukrainian into sign language. An information technology that allows you to build such a system is proposed. The basic idea is to create a mechanism of generalized grammatical constructions of simple sentences of Ukrainian and sign language. These received generalized structures are linked with bonds which help to do the translation without dropping the essence of the text. The experimental research on the set of words and gestures in the special schools for children with hearing impairments are made.

**Key words:** ukrainian sign language, automated translation.

### Умовні позначення

ЖМ – жестова мова;  
УМ – українська мова.

**Вступ і актуальність проблеми.** У Європі кількість повністю глухих людей і людей з важкими формами втрати слуху складає від 4 до 10% загальної чисельності населення, а враховуючи членів їх родин і найближче оточення, то мова йде про мільйони людей, для яких необхідно створювати засоби рівноцінного спілкування у суспільстві. У пункті 7 Правилі 5 додатка до Резолюції ООН 48/96 "Стандартні правила забезпечення рівних можливостей для інвалідів" зазначено: "Потрібно подбати про те, щоб мова жестів застосовувалася для навчання глухих дітей, в їх сім'ях та громадах. Потрібно також надавати послуги із сурдоперекладу для того, щоб сприяти спілкуванню глухих з іншими людьми" [1].

В Україні більше півмільйона дітей з вадами слуху (<http://surdopedagogika.com>), а кількість глухих людей, для яких потрібно розробляти сучасні засоби навчання і спілкування відповідно до світового науково-технічного розвитку, становить мільйони. Розвиток сучасної науки, комп'ютеризація суспільства, використання мультимедійних та Інтернет технологій створили достатні умови для розроблення комп'ютерних систем комунікації цих людей у формах і видах, близьких і зрозумілих для них та оточуючого середовища.

Основною формою спілкування глухих є ЖМ. Основними візуальними засобами, які відтворюють ЖМ, є фотографічні та відеозображення жестів. Створювати за допомогою цих засобів сучасні навчальні та комунікаційні комп'ютерні системи досить

проблематично. Фотографічне зображення не відтворює потрібної динаміки жестів, а відеозображення досить громіздке і в ньому відсутня потрібна інтерактивність (неможливо спостерігати за людиною, яка відтворює жест з інших ракурсів, у якому крім того проведено відеозапис).

Суттєві обмеження існуючих засобів відтворення ЖМ, з одного боку, та розвиток сучасної обчислювальної техніки, – з іншого, спонукають до розробки гнучкіших технологій та алгоритмів, за допомогою яких можна було б створювати нові комп'ютерні системи навчання та комунікації для людей з вадами слуху. Для української ЖМ запропонована концепція [2] інформаційної технології невербального спілкування людей з вадами слуху. Концепція полягає у використанні мультимедійних можливостей сучасної комп'ютерної техніки та систем комунікацій, а саме, використання просторових моделей людей для відтворення ЖМ.

В основі запропонованої концепції лежить синтез ЖМ через моделювання процесу її відтворення. З іншого боку, отримана при моделюванні ЖМ інформація використовується для розпізнавання (аналізу). Отримана таким чином інформація є вхідною (як окремо, так і в поєднанні) для створення нових засобів комунікації, навчальних програм тощо.

Одним із напрямків концепції є створення автоматизованої системи перекладу УМ на жестову.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** ЖМ є спосіб міжособової комунікації, у якому для передавання інформації використовуються тільки візуально-кінетичні засоби (жести рук, артикуляція губ, міміка та емоції, що виникають на обличчі). В теперішній час жестові мови використовуються в основному як специфічний засіб комунікації людей з вадами мовлення і слуху. Жестові мови не є універсальними в усіх країнах світу, бо вони виникають та розвиваються природним шляхом у різних локальних спільнотах і змінюються з часом з появою нової лексики. Жестові мови складаються з різних знакових систем, суміщають у собі мову глухих людей і жести, що використовуються в суспільстві у цілому. Українська ЖМ об'єднує в собі кілька різновидів жестової комунікації. Виділяють «ручну абетку» (дактильну абетку), що використовується для жестової передавання букв українського алфавіту. Дактильна абетка (що відтворює букви за допомогою пальців) використовується як важливий допоміжний інструмент. У випадку, якщо той, хто промовляє, не знає знака для якогось поняття або йому необхідно передати точне звучання деякого слова, він вдається до дактильної абетки. Вона використовується також для передавання різних власних імен, аббревіатур та слів, які не часто зустрічаються, слів іншомовного походження.

Основним засобом міжособової комунікації в середовищі глухих є безпосередньо ЖМ, в якій кожному сенсовому поняттю (або групі синонімічних понять) відповідає визначений унікальний жестовий еквівалент. Причому система жестового мовлення розпадається на дві підсистеми жестових мов: національну і калькуючу [3]. Калькуюча ЖМ повністю копіює мову, що звучить, в якій один-в-один відтворюються слова розмовної мови і її порядок у реченнях.

Підсумовуючи функціональність жестових мов можна сказати, що:

- 1) дактильна абетка є аналогом національного писемного алфавіту і застосовується в обох підсистемах жестових мов як засіб передавання рідкісних і незнайомих слів; тісно пов'язана з вербальною мовою і писемністю;
- 2) калькуюча ЖМ вторинна відносно вербальної мови й використовується для точного передавання природної вербальної мови за допомогою жестів;
- 3) ЖМ є окремою мовою зі своєю граматикою і лексикою та основним засобом спілкування між людьми з вадами слуху.

Калькуюча ЖМ не має власної граматики, вона копіює структуру вербальної

розмовної мови, тому є вторинною знаковою системою. На відміну від неї ЖМ має власну граматику і виразні засоби, причому за своєю структурою граматика ЖМ значно відрізняється від граматики літературної або розмовної мови. Приблизно так, як жестові мови розвиваються й існують окремо від вербальних, так і їх граматики слабо пов'язані одна з одною.

ЖМ має також засоби для передавання різноманітних морфологічних значень і чітко оформлений синтаксис, що відрізняється від синтаксису вербальної мови. Для прикладу морфології ЖМ можна навести дієслівні показники. Дієслово в жестовій мові, так само як і у вербальній, має граматичні категорії часу, аспекту та модальності [4]. Для вираження часових значень використовуються допоміжні жести «Було», «Буде», наприклад, «Читати було» – читав, «Читати» – читає, «Читати буде» – прочитаю. Також досить широко використовуються такі темпоральні модифікатори дієслів, як «Сьогодні», «Вчора», «Скоро», «Нещодавно», «Давно». В цілому темпоральну систему ЖМ можна порівняти з так званими предметно-орієнтованими мовами [4], в яких часові категорії передаються за допомогою лексичних засобів, тобто вони не є частиною граматики мови, а відносяться тільки до словника.

Аспектуальні категорії розпадаються на два семантичних класи (аспекти): кількісний і фазовий. Фазові значення передають різні стадії дії (завершеність, початок тощо), а кількісні – повторюваність, характер тривалості дії. Для фазових значень використовуються слова-модифікатори «Готово», «Закінчено», «Ще не» (наприклад, «Писати готово» – написав, «Писати ще не» – ще не написав тощо), а кількісні значення виражаються простим повторенням жесту потрібне число разів. Модальні значення також передаються лексично, за допомогою таких допоміжних слів, як «Би», «Якщо» тощо.

Синтаксис є найбільш специфічною рисою ЖМ. Спрощено можна вважати, що фрази ЖМ короткі й прості за структурою, а синтаксис описується всього трьома типами структур: суб'єкт → об'єкт → дієслово, суб'єкт → дієслово → об'єкт; дієслово → суб'єкт → об'єкт.

Проте деякі дослідники відзначають [3], що класичний аналіз висловлювань ЖМ у термінах суб'єкта, предиката, об'єктів, ад'юнктів тощо неможливий через нелінійність синтаксису. У висловленні «Стілець знаходиться під торшером» точно сказати, де знаходиться суб'єкт, а де об'єкт, просто неможливо. В якості альтернативи висувається аналіз на основі функціонального підходу й урахування специфіки субстанції жесту так само, як і природної конситуативності (розуміння сенсу у визначеній ситуації) ЖМ.

На даний час граматика української ЖМ ще недостатньо вивчена і формалізована, щоб вести розмову про автоматичний сурдопереклад з довільного українського тексту на жестову мову. Низка дослідників російської ЖМ (подібної за граматичною структурою до української) стверджують [5], що серйозні розбіжності у семантико-синтаксичній структурі письмової та жестової мов не дозволяють виконувати однозначний машинний переклад російськомовних текстів на жестову мову, і діючих автоматичних систем сурдоперекладу на даний момент не існує. Для створення такої повноцінної моделі необхідно проводити глибокий семантичний аналіз і розбір письмових фраз, а це поки можливо лише на поверхневому рівні через недосконалість алгоритмів і баз знань. Однак калькуюча ЖМ напряму відображає розмовну звукову мову, тому комп'ютерний синтез калькуючої ЖМ набагато простіший. Прикладом комп'ютерної системи розпізнавання перекладу розмовної мови (англійської) в калькуючу ЖМ з елементами ЖМ (американської) може служити американська розробка iCommunicator [6], лексикон якої складається більш ніж з 9 тис. відеофрагментів жестів.

Японські дослідники лабораторії наукових і технологічних досліджень NHK [7] займаються розробленням анімаційної системи сурдоперекладу, яка автоматично перетворює речення японською мовою в жести. Метою дослідження є поліпшення трансляції ЖМ для глухих глядачів, особливо у випадку стихійного лиха або важливих новин. Субтитри вирішують дану проблему, проте для людей, які народилися глухими, основною формою спілкування є жести і в них можуть виникати труднощі з розумінням субтитрів. Система NHK, отримуючи рядок тексту японською мовою, автоматично аналізує і перетворює його в ЖМ за допомогою системи відображення жестів. Система також здатна замінити слова, які безпосередньо не перекладаються їх синонімами. Глухі люди, що дивилися цю анімацію, могли зрозуміти про що дане відео, але в цілому переклад не достатньо коректний. Система ще недосконала і має інструменти для коригування перекладу та виправлення помилок у ручному режимі. Технологія, що використовується для перекладу, закрита, але з загального опису зрозуміло, що набір текстів, які перекладаються поки що дуже обмежені, переклад проводиться за допомогою «сразків», що містять однаковий зміст, японською і жестовою мовами.

Переклад – процес трансформації мовленнєвого утворення на одній мові в мовленнєве утворення іншою мовою при збереженні незмінного сенсу[8]. Науковці виділяють низку видів перекладу: послідовний; буквальный; філологічний; адаптивний.

У дослівному перекладі текст подається як послідовність слів, кожне з яких має свою цінність. Слова в перекладі зберігаються в порядку розміщення їх в оригіналі. Отриманий таким чином переклад некоректний, а в деяких випадках навіть незрозумілий. Буквальний переклад розглядає текст не як послідовність окремих слів, а як послідовність речень. Філологічний переклад забезпечує максимальну точність і правильність передавання художніх особливостей стилю автора. Адаптивний переклад передбачає скорочення оригіналу і виділення з нього найважливішої інформації та відтворення іншою мовою з максимальним збереженням сенсу [9].

Системи автоматизованого перекладу поділяють на системи типу transfer та системи типу interlingua. При використанні систем типу transfer переклад зводиться до виконання трьох процесів: аналіз вхідного тексту в термінах структур вхідної мови, перетворення даних структур в аналогічні структури вихідної мови, синтез вихідного речення за отриманою структурою. Системи типу interlingua передбачають наявність певної універсальної метамови структур, якою можна описати всі структури як вхідної, так і вихідної мов, тому алгоритм перекладу зводиться до аналізу вхідного тексту в термінах метамови та подальшого синтезу речення вихідною мовою з метою структури [10]. Системи автоматизованого перекладу типу transfer та interlingua мають в основі одну і ту ж ідею: для того, щоб виконати переклад, необхідно отримати тимчасове представлення тексту, яке буде містити сенс вхідного речення.

Машинний переклад – автоматичний переклад тексту, який здійснюють електронні машини [8]. Ларрі Чайлдс на міжнародній конференції з технічних комунікацій 1990 року виділив такі види машинного перекладу:

- повністю автоматизований (Fully-automated machine translation);
- машинний за участю людини (Human-assisted machine translation);
- який здійснює людина з використанням комп'ютера (Machine-assisted machine translation).

Повністю автоматизований переклад полягає в тому, що в систему автоматизованого перекладу вводиться текст одною мовою, цей текст опрацьовується і виводиться цей же текст іншою мовою. Реалізація такого виду автоматичного перекладу стикається з великою кількістю перешкод, найпоширенішими серед яких є дослівний переклад ідіоматичних виразів та неправильне визначення частин мови. Часто

стверджується, що успіх повністю автоматизованого перекладу потребує, в першу чергу, вирішення проблеми розуміння природної мови.

Кажучи про машинний переклад за участю людини, зазвичай розуміють редагування текстів як до, так і після їх опрацювання комп'ютером. Люди-перекладачі змінюють тексти так, щоб вони були зрозумілі машинам. Після того, як комп'ютер зробив переклад, люди знову ж редагують грубий машинний переклад, роблячи текст вихідною мовою правильним. Крім такого порядку роботи існують системи машинного перекладу, які під час перекладу потребують постійної присутності людини-перекладача, який допомагає комп'ютеру робити переклад особливо складних чи неоднозначних конструкцій.

Автоматизований переклад – переклад текстів на комп'ютері з використанням комп'ютерних технологій. Від машинного перекладу він відрізняється тим, що весь процес перекладу здійснює людина, комп'ютер лише допомагає їй створити готовий текст або за менш тривалий час, або з кращою якістю [11]. Виділяють кілька підходів до виконання машинного перекладу: переклад на основі банку знань, переклад на основі універсальних граматик, переклад на основі словникових статей, статистичний переклад, системи з використанням пам'яті перекладу [12].

Для машинного перекладу може використовуватися підхід, що базується на словникових статтях, тобто слова будуть перекладені так, як це робиться в словнику – дослівно, як правило, без особливих кореляцій сенсу між ними. Словниковий пошук може бути виконано або з морфологічним аналізом тексту, або без нього. Хоча такий підхід до машинного перекладу, ймовірно, найменш складний, машинний переклад на основі словникових статей ідеально підходить для перекладу довгих списків фраз, не пов'язаних між собою, наприклад, список запасів або каталог продукції та послуг.

Також даний підхід може бути використаний для прискорення ручного перекладу, якщо особа, що здійснює його, вільно розмовляє обома мовами і здатна коригувати синтаксис та граматику.

Системи з використанням пам'яті перекладу характеризуються наявністю бази знань, що містить двомовний корпус. По суті, це переклад за аналогією і його можна розглядати як реалізацію прийняття рішень до підходу машинного навчання.

Якщо провести аналогію з процесом людського перекладу, то припущення, що переклад відбувається за аналогією, заперечує припущення, що люди перекладають із використанням глибокого лінгвістичного аналізу. Натомість вважається, що під час перекладу люди спочатку розбивають речення на окремі фрази, перекладають їх та певним чином об'єднуючи такі фрагменти, отримують переклад речення. Фрази перекладаються за аналогією до фраз, які зустрічалися в перекладі раніше. Даний принцип використовується при створенні систем із використанням пам'яті перекладу та їх подальшого навчання.

Приклад використання двомовного корпусу наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Приклад використання двомовного корпусу

Англійська	Українська
How much is that <b>red umbrella</b> ?	Скільки коштує ця <b>червона парасолька</b> ?
How much is that <b>small camera</b> ?	Скільки коштує ця <b>маленька камера</b> ?

Пари речень містять речення одною мовою та їх переклад іншою. Конкретний приклад є мінімальною парою. Це означає, що речення відрізняються тільки одним елементом. Ці речення дозволяють системі перекладу навчитися перекладати окремі блоки речень. Даний приклад дозволяє системі перекладу зрозуміти, що:

- 1). «how much is that» відповідає «скільки коштує ця»;
- 2). «red umbrella» відповідає «червона парасолька»;
- 3). «small camera» відповідає «маленька камера».

Об'єднання таких знань дозволяє використовувати їх для створення нових перекладів у майбутньому.

Крім прискорення процесу перекладу повторюваних фрагментів і змін, внесених у вже перекладені тексти, системи пам'яті перекладу також забезпечують одноманітність перекладу термінології в однакових фрагментах, що особливо важливо при технічному перекладі. З іншого боку, якщо перекладач регулярно підставляє в свій переклад точні відповідності, витягнуті з баз перекладів без контролю, їх використання в новому контексті може погіршити якість перекладеного тексту.

Перевагою систем машинного перекладу даного типу є висока точність перекладу термінів, особливо в спеціалізованих текстах, та одноманітність повторюваних текстів. Недоліками є можливість втрати сенсу тексту, що перекладається, втрата змістових зв'язків між окремим реченнями, необхідність навчання системи.

Переклад на основі банку знань передбачає наявність у системі перекладу лінгвістичної інформації про вихідну та вхідну мови, отриману зі словників та основних семантичних, морфологічних і синтаксичних норм кожної з мов.

Статистичний підхід до машинного перекладу полягає в тому, що переклад створюється на основі статистичних моделей, параметри яких отримуються за рахунок аналізу лінгвістичних особливостей.

Підхід до перекладу на основі словників був уперше описав Уорен Вівер [13] у 1949 році. Його ідея полягала у виконанні перекладу порціями, аналізуючи групи слів, а не окремі слова.

У відповідності зі статистичним підходом вважається, що кожному реченню однієї мови можна поставити у відповідність речення іншої мови. Кожній парі речень  $(S, T)$  присвоюється ймовірність  $Pr(S|T)$  того, що перекладач поставить у відповідність реченню  $S$  вхідної мови речення  $T$  вихідної мови [14].

**Метою даного дослідження** є створення автоматизованої системи перекладу УМ на жестову. Виходячи з актуальності даного напрямку досліджень, проведеного аналізу досліджень та публікацій сформульовано таку постановку задачі: запропонувати комп'ютерну технологію, що реалізуватиме систему автоматизованого перекладу речень УМ на відповідні конструкції-речення української ЖМ.

Пропонується розв'язок поставленої задачі з наступними обмеженнями: 1) до уваги беруться тільки прості речення; 2) сенс ЖМ обмежується фіксованим переліком тем і ситуацій; 3) система перекладає (без наступних виправлень) тільки навчені жорстко задані структури фраз та речень і не спотворює сенсу; 4) можливе постійне розширення (навчання) переліку структур перекладу.

**Результати дослідження.** Побудова системи автоматизованого перекладу з УМ на ЖМ передбачає створення множинної моделі УМ [15–18] та реалізації її для можливості моделювання відповідних пов'язаних граматичних конструкцій УМ та ЖМ. В основу системи покладені граматичні конструкції простих речень з відповідним групуванням їх за темами, що виникають у повсякденному житті. Під простим реченням розуміється речення, в якому є тільки одна граматична основа (предикативний центр).

Для досягнення мети перекладу запропоновано граматичний словник УМ. УМ відноситься до флективної мови – мови синтетичного типу, в якому домінує словозміна за допомогою флексій – формантів, що поєднують відразу кілька значень. Флективна будова мови протистоїть аглютинативній, у якій кожен формант несе тільки одне значення. Для розробки граматичного словника взято теорію лексикографічних систем

[15–18].

В основу побудови граматичного словника флективної мови покладено формальну модель словозміни, що означає встановлення та формалізацію лінгвістичних критеріїв, у відповідності з якими вся множина слів мови розбивається на певні підмножини, взаємний перетин яких є порожнім, а всередині кожної з них словозміна відбувається за однаковими правилами. Підмножини слів з такими властивостями називаються словозмінними парадигматичними типами.

Під парадигматичним типом розумітимемо групу лексем, словозмінна парадигма яких характеризується однаковою кількістю граматичних форм, усередині якої словозміна відбувається за тим самим (єдиним) правилом. Для УМ, яка є мовою аналітико-синтетичного типу, це означає, що, по-перше, слова, які належать до одного парадигматичного класу, мають однакові флексії у відповідних граматичних значеннях та однаковий характер чергування в основі і, по-друге, відповідні аналітичні форми будуються за однаковими моделями їх утворення).

УМ притаманні такі граматичні категорії, що визначають словозміну:  $s$  – число (однина( $s_1$ ), множина( $s_2$ )),  $g$  – рід (чоловічий ( $g_1$ ), жіночий ( $g_2$ ), середній ( $g_3$ ), вищий ступінь ( $g_4$ ), чоловічий або середній рід для істоти ( $g_5$ ), жіночий або середній рід для істоти ( $g_6$ ), чоловічий або жіночий рід для істоти ( $g_7$ ), незмінювана словникова одиниця ( $g_8$ ), найвищий ступінь ( $g_9$ ),  $i$  – узагальнена категорія, що включає відмінок, особу, час, стан, спосіб (називний ( $i_1$ ), родовий ( $i_2$ ), давальний ( $i_3$ ), знахідний ( $i_4$ ), орудний ( $i_5$ ), місцевий ( $i_6$ ), кличний ( $i_7$ ), інфінітив ( $i_8$ ), 1 особа, наказовий спосіб ( $i_9$ ), 2 особа, наказовий спосіб ( $i_{10}$ ), 3 особа, наказовий спосіб ( $i_{11}$ ), 1 особа, майбутній час ( $i_{12}$ ), 2 особа, майбутній час ( $i_{13}$ ), 3 особа, майбутній час ( $i_{14}$ ), 1 особа, теперішній (майбутній) час ( $i_{15}$ ), 2 особа, теперішній (майбутній) час ( $i_{16}$ ), 3 особа, теперішній (майбутній) час ( $i_{17}$ ), 1 особа, теперішній час ( $i_{18}$ ), 2 особа, теперішній час ( $i_{19}$ ), 3 особа, теперішній час ( $i_{20}$ ), активний дієприкметник, теперішній час ( $i_{21}$ ), дієприслівник, теперішній час ( $i_{22}$ ), минулий час ( $i_{23}$ ), активний дієприкметник, минулий час ( $i_{24}$ ), пасивний дієприкметник, минулий час ( $i_{25}$ ), безособова форма, минулий час ( $i_{26}$ ), дієприслівник, минулий час ( $i_{27}$ ), незмінювана одиниця ( $i_{28}$ )).

Кожне слово УМ віднесемо до наступних класів (частин мови) ( $p$ ): іменники ( $p_1$ ), числівники порядкові ( $p_2$ ), числівники кількісні ( $p_3$ ), числівники ( $p_4$ ), числівники типу «два» ( $p_5$ ), дієслова недоконаного і доконаного виду ( $p_6$ ), дієслова доконаного виду ( $p_7$ ), дієслова недоконаного виду ( $p_8$ ), дієприкметники ( $p_9$ ), прикметники ( $p_{10}$ ), займенники ( $p_{11}$ ), займенники-прикметники ( $p_{12}$ ), прислівники ( $p_{13}$ ), вигуки ( $p_{14}$ ), сполучники ( $p_{15}$ ), частки ( $p_{16}$ ), прийменники ( $p_{17}$ ), присудкові слова ( $p_{18}$ ), вставні слова ( $p_{19}$ ), аббревіатури ( $p_{20}$ ), сполуки ( $p_{21}$ ), дієприслівники ( $p_{22}$ ), займенники з часткою ( $p_{23}$ ), сполучники і частки ( $p_{24}$ ), прислівники і частки ( $p_{25}$ ), числівники з прийменником ( $p_{26}$ ), іменники з прийменником ( $p_{27}$ ), дієприслівники з часткою ( $p_{28}$ ), займенники з прийменником ( $p_{29}$ ), дієприслівники з часткою ( $p_{30}$ ).

Для УМ введемо такі парадигматичні типи (табл. 2).

Таблиця 2. Парадигматичні типи УМ

Парадигматичні типи	Граматичні класи	Граматичні категорії, що визначають словозміну	Кількість граматичних значень
$T^1$	$p_1$	$s^*(i_1, \dots, i_7)$	14
$T^2$	$p_2 \cup p_4 \cup p_9 \cup p_{10} \cup p_{12}$	$(g_1, g_2, g_3)^*((s_1, s_2)^*(i_1, \dots, i_7))$	24
$T^3$	$p_3 \cup p_{11}$	$(i_1, \dots, i_6)$	6
$T^4$	$p_5$	$(g_1, g_2)^*(i_1, \dots, i_6)$	12
$T^5$	$p_6 \cup p_8$	$i_8, (i_{10} * s_1), (i_9 * s_2), (i_{10} * s_2), (i_{12} * s_1),$ $((i_{12}, \dots, i_{17}) * s), i_{21}, i_{22},$ $i_{23} * (g_1, g_2, g_3)^* s_1,$ $(i_{23} * s_2), i_{24}, i_{25}, i_{26}, i_{27}$	26
$T^6$	$p_7$	$i_8, (i_{10} * s_1), (i_9, s_2), (i_{10}, s_2),$ $((i_{12}, i_{13}, i_{14}) * s),$ $(i_{23} * (g_1, g_2, g_3)^* s_1),$ $(i_{23} * s_2), i_{24}, i_{25}, i_{26}, i_{27}$	18
$T^0$	$\bigcup_{j=13}^{30} p_j$	$i_{28}$	1

Виходячи з того, що УМ є флективною мовою (тобто граматичні значення передаються флексіями), слова мови моделюються у вигляді комбінації незмінної та змінної складових

$$x = c(x) \& f(x), \quad (1)$$

де  $c(x)$  – частина лексеми  $x$ , яка в процесі словозміни залишається незмінною (квазіоснова),  $f(x)$  – її змінна складова (квазіфлексія),  $\&$  – конкатенація.

Реалізація такої моделі зберігання слова прибирає надмірну надлишковість, маючи на увазі, що в УМ кілька мільйонів слів (у всіх словозмінах) та тільки біля 100 тисяч базових слів – інфінітивів. Тобто, замість повного тексту слова у таблиці 2 зберігається номер слова-інфінітиву з відповідної множини інфінітивів, номер позиції у слові, до якої слово-інфінітив незмінне та номер флексії (змінної частини слова) із відповідної множини. Тобто, слова УМ подаються:

$$W = \{W_i : W_i = \{I_{i_1} \in I, F_{i_2} \in F, k, g \in G, s \in S, in \in In\}\}, \quad (2)$$

де  $W_i$  – параметри слова УМ ( $i = 0, \dots, N-1$ ;  $N$  – 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);  $G = \{g_1, \dots, g_9\}$ ;  $S = \{s_1, s_2\}$ ;  $In = \{i_1, \dots, i_{28}\}$ ;  $I$  – множина слів-інфінітивів УМ (для дієслів – інфінітиви, для іменників – слова у називному відмінку, однині тощо):

$$I = \{I_i : I_i = \{word \inf, p \in P\}\}, \quad (3)$$

де  $P \in \{p_1, \dots, p_{30}\}$ ;  $word \inf$  – слово-інфінітив.

Формування множин  $W, F, I$  проходить таким чином (для всіх слів-інфінітивів мови):



- Вхід: слово-інфінітив та усі його словоформи (граматичні значення)
- $k$  = Довжина (загальна частина для слова-інфінітива та всіх його словоформ)
- Для всіх словоформ визначаємо закінчення (відмінна частина) та додаємо його до множини  $F$  (якщо такого закінчення там немає)
- Додаємо слово-інфінітив до множини  $I$
- Формуємо множину  $W$  (2)

Прямою задачею для такої моделі (2) є проста задача відтворення повного тексту слова по трьох параметрах  $I_i, F_{i_2}, k$ , яка реалізується відповідним оператором ( $H$ ):

$$H = \begin{cases} \text{Left}(I_i, k-1) \& F_{i_2}, & k \neq 0 \\ \text{Left}(I_i, 0) \& F_{i_2}, & k = 0 \end{cases}, \quad (4)$$

де  $\text{Left}(\text{Word}, \text{Length})$  – функція отримання перших  $\text{Length}$  символів зі слова  $\text{Word}$ ;  $\&$  – конкатенація.

Деяка складність виникає для оберненої задачі ( $H^{-1}$ ): для існуючого слова знайти три параметри, які його однозначно визначають. Реалізація оператора (4) для бази даних у вигляді недетерміністської функції призводить до того, що його неможливо ефективно проіндексувати. Пошук по неіндексованому полю – досить затратний за часом. Для вирішення цієї проблеми запропонований алгоритм, суть якого полягає у тому, що вхідне слово розбивається на можливі комбінації незмінної та змінної складових і пошук проводиться по проіндексованих полях таблиць-множин інфінітивів ( $I$ ) та флексій ( $F$ ):

$$H^{-1} = \begin{array}{l} i=0 \\ l=\text{Довжина}(\text{Word}) \\ \text{Повторювати поки } i < l \\ \quad \mathbf{Head} = \text{LEFT}(\text{Word}, i) \\ \quad \mathbf{Tail} = \text{RIGHT}(\text{Word}, l-i) \\ \quad \text{Якщо існує інфінітив } I_i \in I, \text{ що починається на} \\ \mathbf{Head} \text{ та} \\ \quad \text{існує флексія } F_{i_2} \in F, \text{ що дорівнює } \mathbf{Tail}, \\ \text{то} \\ \quad \text{визначаємо } (I_i, F_{i_2}, k) \\ \quad \text{Інакше} \\ \quad i=i+1 \\ \text{Кінець циклу} \end{array} \quad (5)$$

Отже, до розгляду беремо тільки прості речення. Вважатимемо, що довільне складне речення можна подати як декомпозицію простих речень. Підмет і присудок у реченнях пов'язані предикативним зв'язком. Під простими реченнями розумітимемо речення з одним предикативним зв'язком. Як для УМ так і для ЖМ обмежимося такими типами простих речень: розповідні (стверджувальні, окличні та заперечні), питальні та спонукальні.

Речення в моделі даних об'єднуватимуться в структури, отримані шляхом узагальнення. Структури речень міститимуть замість слів їх послідовності, кожна з

яких може використовуватися при побудові речення. Послідовності можуть містити як окремі слова, так і різноманітні множини. Наприклад, речення «він іде», «вона іде», «час йде» об'єднуються в одну структуру «{він, вона, час, хто, ...} іде». Дані послідовності можуть змінюватися та доповнюватися у процесі перекладу. Аналогічні структури будуватимуться і для жестових речень.

Формальну модель узагальнених граматичних конструкцій (маючи на увазі їх майбутню реалізацію у реляційній базі даних) подамо у вигляді таблиць та зв'язків між ними. Для УМ матимемо:

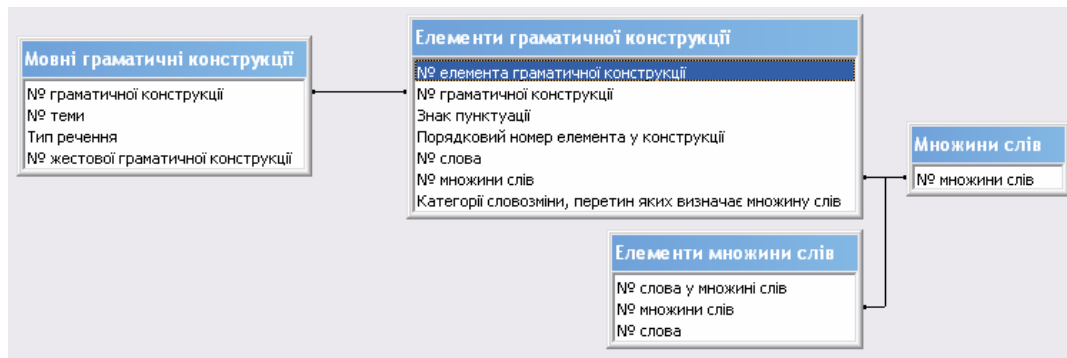


Рисунок 1. Модель узагальнених граматичних конструкцій УМ

Для української ЖМ матимемо:

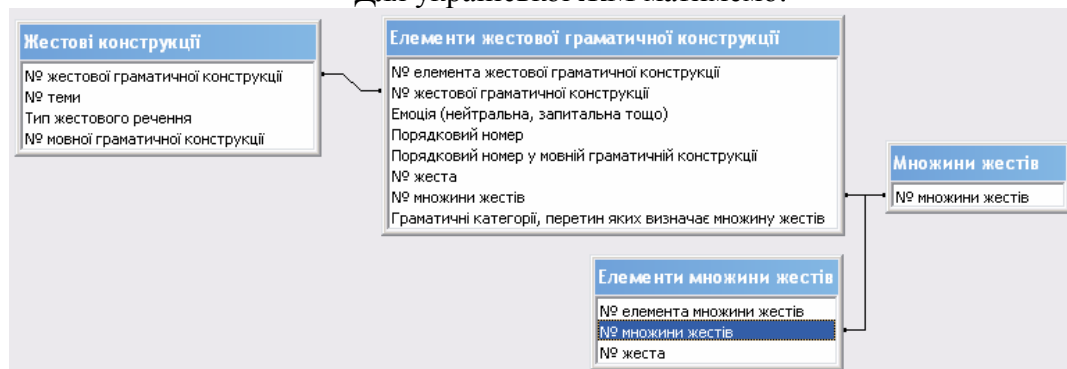


Рисунок 2. Модель узагальнених граматичних конструкцій ЖМ

Для автоматизованого перекладу тексту з УМ на ЖМ використовується така алгоритмічна схема:

1. Речення надходить на вхід, виконується пошук структури речення, в яку входять кожне зі слів. Йде запит до статистичної бази: чи було таке речення опрацьоване раніше. Статистична база містить інформацію про частоту повторів перекладу даного речення, його структуру й тематику, наявність змін у перекладі при опрацюванні його користувачем.

2. Якщо речення є в статистичній базі, воно опрацьовується і видається результат перекладу. В іншому випадку проводиться аналіз речення. Структура речення порівнюється зі структурою опрацьованих раніше речень. Якщо структури речень частково співпадають, робиться спроба прогнозу на основі найбільш використовуваного варіанта. Наприклад, якщо на вхід отримано речення і таке речення раніше не опрацьовувалося, відбувається аналіз структури речень, в яких тематика співпадає зі вхідним.

3. Якщо аналогічної структури не знайдено, відбувається пошук в усіх інших тематичних розділах. Коли знайдено частину речення, що співпадає зі вхідним, відбувається спроба прогнозу перекладу. Наприклад, якщо на вхід дано речення «дайте

мені їсти», а в статистичній базі знайдено речення «дайте мені хліб», то для перекладу «дайте мені» використовується вже існуюча структура з бази, а для «їсти» виконується переклад з використанням іншої структури. Під час аналізу структури речення враховується його вид (розповідне, окличне, розповідне, заперечне, питальне, спонукальне) й тематика.

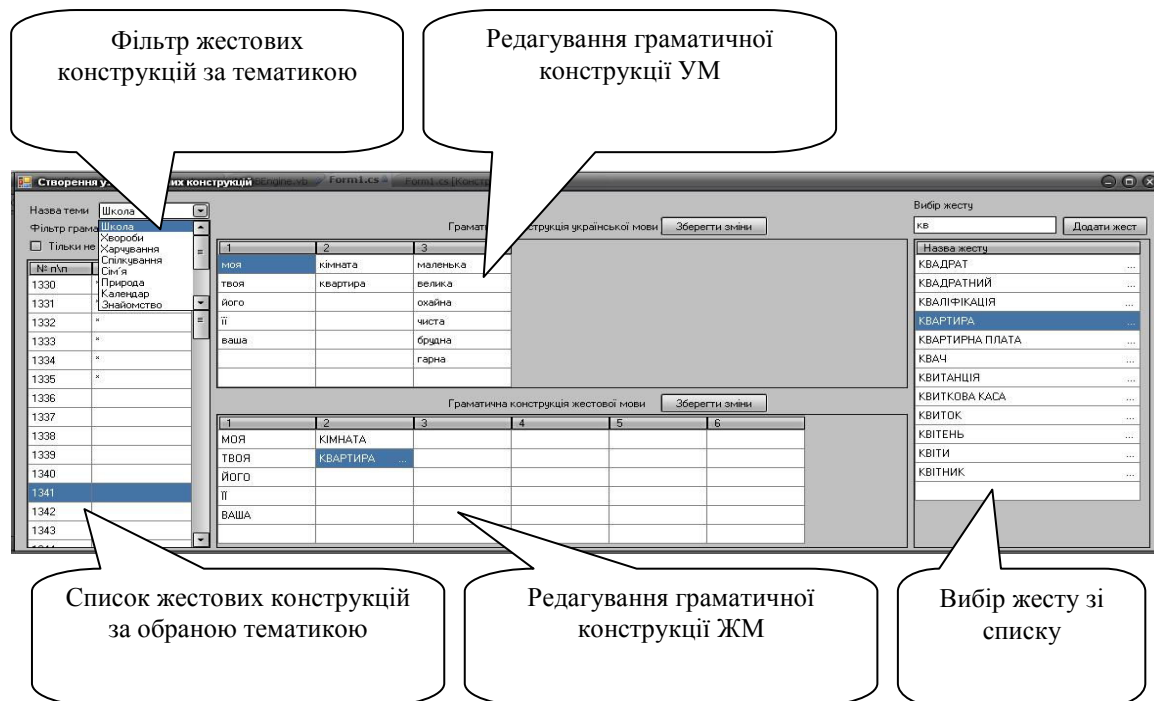


Рисунок 3. Модуль створення узагальнюючих граматичних конструкцій

Отримавши результат, перекладач вибирає один із варіантів:

1. Результат задовільний. Речення позначається як правильне і додається в статистичну базу.
2. Результат не задовільний і правиться вручну. Після цього в статистичну базу вноситься виправлений варіант і запропонований варіант для забезпечення прийняття рішень надалі.
3. Результат не задовільний і вважається недопустимим. Запропонований результат вноситься в статистичну базу як не допустимий. Перекладач може ввести правильний варіант перекладу, який буде збережений у базі даних та буде використовуватись при перекладі надалі.

Для тестування запропонованої технології перекладу було створено відповідне програмне забезпечення.

Процес створення узагальнюючих граматичних конструкцій має такий вигляд (рис. 3):

- 1) вибирається тема, для якої створюються граматичні конструкції, після чого завантажуються список граматичних конструкцій, що відповідають вибраній темі;
- 2) після вибору граматичної конструкції з бази даних завантажуються конструкції української та жестової мов; кожній узагальненій граматичній конструкції УМ ставиться у відповідність граматична конструкція ЖМ; Конструкції можуть містити як окремі слова, так і послідовності слів;
- 3) при створенні або зміні граматичних конструкцій ЖМ з бази даних вибираються жести, що використовуються в конструкції. Якщо потрібного жесту немає

в базі, то є можливість додати новий жест. Такі жести позначаються як додані користувачем.

Автоматизований переклад у відповідному модулі здійснюється за описаною вище технологічною схемою (рис. 4).

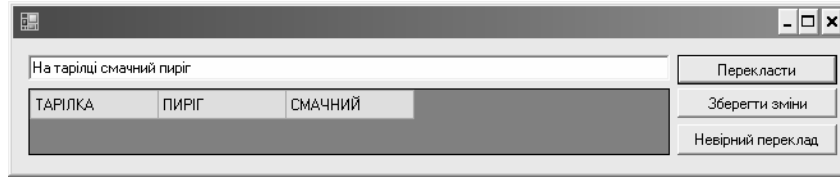


Рисунок 4. Модуль автоматизованого перекладу тексту з УМ на ЖМ

**Висновки.** Для побудови граматичних конструкцій було взято множину речень з програми вивчення української ЖМ для спеціалізованих шкіл [19]. Було опрацьовано 6559 речень та отримано 764 узагальнених граматичних конструкцій (табл. 3). Отримані конструкції (табл. 4) покрили можливі варіанти речень за темами з відповідним словниково-жестовим запасом. Вдалося виділити узагальнені конструкції, які використовують не фіксовані множини слів, а ознаки граматичних категорій для групування.

Таблиця 3. Статистка отримання узагальнюючих граматичних конструкцій

Теми	Кількість речень	Кількість граматичних конструкцій	Теми	Кількість речень	Кількість граматичних конструкцій
Школа	412	47	Сім'я	275	31
Здоров'я	178	19	Числа	153	21
Харчування	333	23	Характер	244	27
Спілкування	260	37	Спорт	412	48
Природа	511	56	Армія	397	70
Знайомство	354	43	Виробництво	211	33
Дім	596	44	Географія	404	50
Анатомія	498	37	Державні заклади	431	82
Побут	522	41	Професія	228	33
Сім'я	275	31	Етикет	140	22

Наприклад, виділені конструкції:

- $\{\text{цей}\} \{(p_1, s_1, i_1, g_1)\}$  (усі іменники у називному відмінку, однині, чоловічого роду)  $\{(p_{10}, s_1, i_1, g_1)\}$  (усі прикметники у називному відмінку, однині, чоловічого роду) – цей стіл мій;
- $\{\text{ця}\} \{(p_1, s_1, i_1, g_2)\}$  (усі іменники у називному відмінку, однині, жіночого роду)  $\{(p_{11}, s_1, i_2, g_2)\}$  (усі займенники у родовому відмінку, однині, жіночого роду) – ця лампа моя.

Таблиця 4. Приклад граматичних конструкцій для перекладу.

На {тарілці, столі} {ложка, виделка, пиріг, лимон}	{ТАРІЛКА, СІЛ} {ЛОЖКА, ВИДЕЛКА, ПИРІГ, ЯБЛУКО, ЛИМОН}
{Я, він, брат, батько} {мені, йому, їй} купив {штани, одяг,	{Я, ВІН, БРАТ, БАТЬКО} КУПИТИ {Я, ВІН, ВОНА} {ШТАНИ, ОДЯГ,

сорочку}	СОРОЧКУ} ВЖЕ
У {дівчини, тебе, неї} {гарне, модне} плаття	{ДІВЧИНА, ТИ, ВОНА} ПЛАТТЯ {МОДНЕ, ГАРНЕ}
Як {тебе, його, її, вас} звати?	{ТИ, ЙОГО, ЇЇ, ВИ} ЗВАТИ *ПИТАЛЬН*
Це {моя, твоя, його, її} {няня, вихователька, лялька, машина}	{МОЯ, ТВОЯ, ЙОГО, ЇЇ} {НЯНЯ, ВИХОВАТЕЛЬКА, ЛЯЛЬКА, МАШИНА}
Що {ти, він, брат, батько} робив {вранці, вчора}?	ЩО {Я, ВІН, БРАТ, БАТЬКО} РОБИТИ {ВРАНЦІ, ВЧОРА}
у кімнаті є {меблі, стіл, стілець, ліжко, диван, шафа, дзеркало, килим, полиця}	У КІМНАТІ {МЕБЛІ, СТИЛ, СТИЛЕЦЬ, ЛІЖКО, ДИВАН, ШАФА, ДЗЕРКАЛО, КИЛИМ, ПОЛИЦЯ}
{дай, принеси} {мені, йому, їй} {чайник, тарілку, чашку, склянку, ложку, виделку, ніж, ковдру, подушку, рушник}	{ДАЙ, ПРИНЕСИ} {ЧАЙНИК, ТАРИЛКА, ЧАШКА, СКЛЯНКА, ЛОЖКА, ВИДЕЛКА, НІЖ, КОВДРА, ПОДУШКА, РУШНИК} {Я, ВІН, ВОНА}

Подальші дослідження спрямовані на доповнення системи більшою кількістю речень (за повний курс школи), що дозволить отримати переклад для множини типових речень, достатніх для повсякденного спілкування.

### Список використаної літератури

1. Резолюція 48/96 Генеральної Асамблеї ООН від 20 грудня 1993 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995\\_306](http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_306).
2. Інформаційна технологія для моделювання УМ жестів [Текст] / Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Бармак О.В. [та ін.] // Штучний інтелект. – 2009. №3 – С. 186–197.
3. Зайцева, Г.Л. Жестовая речь. Дактилология: учебник для студентов [Текст] / Г.Л. Зайцева. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 192 с.
4. Bybee J.L. The Evolution of Grammar: Tense, Aspect, and Modality in the Languages of the World / Bybee J.L., Perkins R., Pagliuca W. // University of Chicago Press, 1994. – 398 p.
5. Воскресенський, А.Л. Словарь RuSLED как инструмент семантических исследований [Текст] / А.Л. Воскресенский, И.Е. Гуленко, Г.К. Хахалин // Материалы Междунар. конф. «Диалог-2009». – С. 64–68.
6. Проект iCommunicator» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.icommunicator.com>.
7. Japanes Sign Language CG Animations Made Using Example-based Translation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.nhk.or.jp/strl/open2011/tenji/12\\_e.html](http://www.nhk.or.jp/strl/open2011/tenji/12_e.html).
8. Мамрак, А.В. Вступ до теорії перекладу: навч. посібник [Текст] / А.В. Мамрак. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.
9. Конспект лекцій з курсу «Системи автоматизованого перекладу» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://compiko.lviv.ua/filolog/kurs\\_lection\\_SAP\\_mod1.pdf](http://compiko.lviv.ua/filolog/kurs_lection_SAP_mod1.pdf).
10. Филинов, Е. История машинного перевода [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [computer-museum.ru/histsoft/histmt.htm](http://computer-museum.ru/histsoft/histmt.htm).
11. Дорот, В. Толковый словарь современной компьютерной лексики [Текст] / В. Дорот, Ф. Новиков. – СПб.: БХВ–Санкт Петербург, 1999. – 607 с.
12. M.W.Madsen. The Limits of Machine Translation // Center for Language Technology, University of Copenhagen, 2009. – 116 p.
13. Warren Weaver. Memorandum // MT News International, no. 22, 1999. – P. 5–6.
14. Brown P.F. A Statistical Approach To Machine Translation / Peter F. Brown, John Cocke, Stephen A. Della Pietra, Vincent J. Della Pietra, Fredrick Jelinek, John D. Lafferty, Robert L. Mercer, and Paul S. Roossin // Computational Linguistics Volume 16, Number 2, 1990. – P. 79–85.
15. Широков, В.А. Інформаційна теорія лексикографічних систем [Текст] / В.А. Широков. – К.: Довіра, 1998. – 331с.
16. Широков, В.А. Феноменологія лексикографічних систем [Текст] / В.А. Широков. – К.: Наукова думка, 2004. – 327 с.

17. Корпусна лінгвістика: монографія [Текст] / В.А. Широков, О.В. Бугаков, Т.О. Грязнухіна та ін. // Український мовно-інформаційний фонд НАН України. – К.: Довіра, 2005. – 472 с.
18. Любченко, Т.П. Програмно-технологічні аспекти створення граматичних лексикографічних систем [Текст] / Т.П. Любченко // Проблеми програмування. – 2007. – № 3. – С. 61–75.
19. Програма-комплекс "УКРАЇНСЬКА ЖМ" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.mon.gov.ua/education/average/programs\\_gluh](http://www.mon.gov.ua/education/average/programs_gluh).

*Отримано 05.12.2011*