Archive of SID

Tech. Edu. J. 15(2): 277-290, Spring 2021

Technology of Education Journal
(TEJ)
Homepage: jte.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

# Designing an Avatar-based Translator System from Persian into Persian Sign Language (PSL)

***M. Shamsi *, M. Divani, A. Rasouli Kenari***

*Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran*

Received: 30 April 2020
Reviewed: 15 July 2020
Revised: 28 September 2020
Accepted: 24 October 2020

**KEYWORDS:**
Deaf
Persian Sign Language
Natural Language Processing
Machine Translation
Animation

* Corresponding author
*shamsi@qut.ac.ir*
(+98912) 8393833

## ABSTRACT

**Background and Objectives:** Sign Language is a visual language that uses hand shapes, facial expression gestures, and body language for communication. Linguistic studies have shown that Sign Languages, like spoken languages, are natural and meet the communication needs of their speakers. Sign Language is not a single language that can be universal, nor every country has a Sign Language equivalent to its own spoken language. There are many Sign Languages in the world including the American, English, Japanese, Italian, Turkish, and Persian Sign Language. The Persian Sign Language is the natural language of the deaf in Iran. The ability to communicate effectively is an important step in establishing relationships and participation for the deaf in the community. Lack of support from the hearing community leads deaf people to isolation and other social problems. In order to overcome the obstacles that exist between hearing and hearing impaired people, a translator system is needed to translate messages into the Sign Language in accordance with their spoken language. A Sign Language translation system can be used by the deaf, the family and friends of such people, the blind-deaf people, the people who have lost their ability to speak due to some factors, the professors and teachers, the medical staff and also people who are interested in learning this language. This article, by providing an automatic translator system for translating from the Persian Language into the Persian Sign Language, aims to help the deaf in Iran to communicate better.

**Methods:** The proposed translator system requires the use of an architecture in order to convert the Persian text into the Persian Sign Language. Due to the nature of the Persian language as the input language of the translator system and also the problems inherent in the Persian Sign Language as the output language of the translator system, the architecture of the translation systems presented in other languages cannot be presented and developed regarding the Persian language. One of the most important issues in the Persian Sign Language is lack of equivalent signs for some words in the Persian language. In order to overcome these problems, an architecture appropriate to the Persian language and the Persian Sign Language was presented. By using the proposed architecture, the proposed system, receives the Persian text as an input in the form of word or sentence from the user, and after performing the initial processing and by using the lexical transfer module, the system translates the text into the Persian Sign Language. Finally, by using an avatar, the Sign Language form corresponding the input of a word, phrase, or sentence can be represented. For this purpose, transfering the translated words into HamNoSys notation, turning the HamNoSys notation to SiGML language and then animating the 3D character with the help of this language are used.

**Findings:** To evaluate the translation system of the Persian language to the Persian Sign Language, a set of test sentences were used. After evaluating the system, it was found that the proposed system has acceptable efficiency, storage space and speed.

**Conclusion:** Research in interdisciplinary sciences is only effective and influential when research in all of the sciences involved is done equally and each science solves the challenges of its own field of study. For example, the most important challenge in completing the Persian Sign Language translation system is lack of linguistic research on Persian Sign Language. The proposed translation system is a combination of linguistic, social, and engineering sciences. Focusing on each of these areas and upgrading them will considerably improve the proposed system. However, the proposed system can improve the relationship between the hearing and the hearing impaired people to a great extent. One can focus on any of the proposed architecture modules and upgrade and improve each of them. It is also possible to integrate the section of emotions and facial expressions with the animated character so that the facial expressions of this avatar can change according to the conditions.

www.SID.ir

Archive of SID

| NUMBER OF REFERENCES | NUMBER OF FIGURES | NUMBER OF TABLES |
|---|---|---|
| 30 | 8 | 2 |

مقاله پژوهشی

# طراحی سیستم مترجم مبتنی بر آواتار زبان فارسی به زبان اشاره فارسی

**محبوبه شمسی*، مرضیه دیوانی، عبدالرضا رسولی کناری**

*گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران*

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** زبان اشاره یک زبان دیداری است که از شکل‌های دست، بیان چهره‌ای ژست‌ها و زبان بدنی جهت برقراری ارتباط استفاده می‌کند. مطالعات زبان‌شناختی نشان داده‌اند که زبان‌های اشاره هم‌چون زبان‌های گفتاری، طبیعی و برطرف‌کننده نیاز ارتباطی گویشوران خود هستند. زبان اشاره نه یک زبان واحد است که جهانی باشد و نه هر کشوری زبان اشاره معادل زبان گفتاری خود دارد. زبان‌های اشاره بسیاری در جهان وجود دارند؛ از جمله زبان اشاره آمریکایی، انگلیسی، ژاپنی، ایتالیایی، ترکی، فارسی و... . زبان اشاره فارسی، زبان طبیعی ناشنوایان ایران می‌باشد.توانایی ارتباط مؤثر گامی پراهمیت در برقراری روابط و مشارکت ناشنوایان در اجتماع است. پشتیبانی و حمایت نشدن از جانب جامعه شنوا، افراد ناشنوا را به سمت منزوی شدن و سایر مشکلات اجتماعی می‌کشاند. به‌منظور غلبه بر موانعی که میان افراد شنوا و افراد دچار آسیب شنوایی وجود دارد، سیستم مترجمی نیاز است تا پیغام‌ها را متناسب با زبان گفتاری به زبان اشاره‌ای آن بازگرداند. یک سیستم مترجم زبان اشاره می‌تواند توسط ناشنوایان، خانواده‌ها و دوستان این دست از افراد، افراد نابینا – ناشنوا، افرادی که بر اثر عواملی، قدرت تکلم خود را از دست داده‌اند، اساتید و معلمان، کادر پزشکی و نیز افرادی که علاقه‌مند به یادگیری این زبان هستند، مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد. این مقاله، با ارائه یک سیستم مترجم خودکار جهت ترجمه زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، درصدد آن است که ناشنوایان ایران را در برقراری ارتباط هرچه بهتر یاری رساند.

**روش‌ها:** سیستم مترجم پیشنهادی، به منظور تبدیل متن فارسی به زبان اشاره فارسی نیازمند استفاده از یک معماری می‌باشد. به دلیل ماهیت زبان فارسی به عنوان زبان ورودی سیستم مترجم و نیز مشکلات موجود در زبان اشاره فارسی به عنوان زبان خروجی سیستم مترجم، معماری سیستم‌های مترجم ارائه شده در سایر زبان‌ها قابل ارائه و توسعه در خصوص زبان فارسی نمی‌باشند. یکی از مهم‌ترین مسائل در زبان اشاره فارسی، عدم وجود اشاره معادل برای برخی کلمات است. به منظور فایق آمدن بر این مشکلات، معماری متناسب با زبان فارسی و زبان اشاره فارسی ارائه شد. سیستم ارائه شده، با استفاده از معماری پیشنهادی، متن به زبان فارسی را در قالب کلمه یا جمله از کاربر دریافت کرده، پس از انجام پردازش‌های اولیه و با استفاده از ماژول تبدیل واژگانی، آن را به معادل خود در زبان اشاره فارسی تبدیل و ترجمه می‌نماید. در نهایت، زبان اشاره معادلِ یک کلمه، عبارت یا جمله ورودی، توسط یک آواتار، نمایش داده خواهد شد. برای این منظور، از انتقال کلمات ترجمه‌شده به زبان میانی سیستم نشان‌گذاری هامبورگ (HamNoSys)، تبدیل زبان میانی به زبان نشان‌گذاری حالات اشاره (SiGML) و آن‌گاه به حرکت درآوردن شخصیت انیمیشنی به کمک آن، استفاده می‌شود.

**یافته‌ها:** برای ارزیابی سیستم مترجم زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، از یک مجموعه جمله تست استفاده شده است. پس از بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد سیستم پیشنهادی کارایی، فضای ذخیره‌سازی و سرعت قابل قبولی دارد.

**نتیجه‌گیری:** تحقیقات در زمینه علوم بین رشته‌ای زمانی بسیار کارآمد و مؤثر است که تحقیقات در تمام علوم درگیر، به میزان برابر انجام شده و هریک چالش‌های مربوط به رشته خود را برطرف سازند. به‌عنوان نمونه، مهم‌ترین چالش در تکمیل سیستم مترجم زبان اشاره فارسی، عدم وجود پژوهش زبان شناختی در خصوص زبان اشاره فارسی می‌باشد. سیستم مترجم ارائه شده، ترکیبی از علوم زبان‌شناسی، علوم اجتماعی و علوم مهندسی است. تمرکز بر روی هریک از این بخش‌ها و ارتقای آن‌ها، باعث پیشرفت چشمگیر در سیستم ارائه شده می‌شود. با این وجود، سیستم ارائه‌شده، می‌تولند تا حد زیادی روابط میان افراد شنوا و ناشنوا را بهبود بخشد. می‌توان روی هریک از ماژول‌های معماری پیشنهادی تمرکز کرد و به ارتقا و بهبود هرکدام پرداخت. همچنین می‌توان به یکپارچه‌سازی واحد احساسات و حالات صورت با شخصیت انیمیشنی پرداخت تا حالات صورت این آواتار، متناسب با شرایط تغییر کند.

تاریخ دریافت: ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۹
تاریخ داوری: ۲۵ تیر ۱۳۹۹
تاریخ اصلاح: ۷ مهر ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۳ آبان ۱۳۹۹

**واژگان کلیدی:**
ناشنوایان
زبان اشاره فارسی
پردازش زبان طبیعی
ترجمه ماشینی
انیمیشن

* نویسنده مسئول
shamsi@qut.ac.ir
۰۹۱۲- ۸۳۹۳۸۳۳

www.SID.ir

Archive of SID

## مقدّمه

بسیاری از صاحب‌نظران بر این باورند که از هنگام اجتماعی شدن بشر، مهم‌ترین عامل در رشد و شکوفایی تمدن‌ها و شکل‌گیری جوامع پویا و پیشگام در نوآوری‌ها، ابداعات و اختراعات، بهره‌گیری از دانش‌های بشری از طریق ارتباطات انسانی بوده است. امروزه با گسترش وسایل ارتباط جمعی و ابزارهای متنوع رسانه‌ای، امکان برقراری ارتباطات بهتر و ساده‌تر برای تمام اقشار جامعه فراهم شده است. در این بین، ناشنوایان قشری از جامعه محسوب می‌شوند که برای برقراری ارتباط با اطرافیان خود با مشکلات فراوانی مواجه هستند و در صورتی‌که کسی از زبان اشاره اطلاعی نداشته باشد، به سختی قادر به برقراری ارتباط با چنین افرادی خواهد بود. در سال‌های اخیر، فناوری به بخش‌های مختلفی از زندگی انسان نفوذ کرده تا بتواند بسیاری از مسائلی را که در زندگی انسان‌ها وجود دارد برطرف سازد. اکنون پیشرفت تکنولوژی، به یاری ناشنوایان شتافته تا کمک سودمندی به این قشر از جامعه داشته باشد. با پیشرفت علوم مختلف، ابزارهای کمکی برای ناشنوایان فقط به سمعک‌های ساده محدود نمی‌شود؛ بلکه می‌توان از سیستم نمایش خودکار ترجمه ماشینی زبان گفتاری به زبان اشاره بهره برد.

ترجمه ماشینی، از جمله اولین اهداف موردنظر در علوم رایانه و به خصوص در حوزه هوش ماشینی به حساب می‌آید. اصولاً چون کامپیوترها نمی‌توانند مانند انسان، هوشمند باشند ترجمه‌ای هم که توسط آن‌ها انجام می‌شود، ترجمه کاملی نخواهد بود. نمی‌توان انتظار داشت که با استفاده از یک نرم‌افزار مترجم، هر متنی به آسانی ترجمه شود. برای به‌دست آوردن نتیجه بهتر، لازم است قبل و بعد از ترجمه، پردازش‌هایی روی متن ورودی و خروجی انجام شود [۱]. زبان اشاره، که خروجی سیستم مترجم می‌باشد، به‌خودی خود زبان کاملی است که واژه‌های خاص خود، دستور زبان و ساختاری متفاوت با زبان گفتاری دارد [۲]. کلمات زبان‌های گفتاری همواره متناظر با اشارات زبان اشاره نیستند؛ به‌عبارت دیگر یک اشاره می‌تواند معادل با چندین کلمه از زبان گفتاری باشد یا یک کلمه از زبان گفتاری می‌تواند هیچ اشاره معادلی نداشته باشد. زبان اشاره، ترکیبی از ویژگی‌های دستی و غیردستی است. ویژگی‌های دستی، شامل حالت دست‌ها، حرکت دست‌ها، محل قرار گرفتن دست‌ها، موقعیت و یا جهت کف دست‌ها می‌باشد. این ویژگی‌ها، به هراشاره معنی و مفهومی خاص می‌بخشد [۳]. ویژگی‌های غیردستی، ویژگی‌هایی هستند که شامل دست‌ها نیستند و به‌منظور رساندن معنا و احساسات یا نشان دادن نشانگرهای صرفی و نحوی یک جمله مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴]. هریک از این حالات غیردستی می‌تواند مکمل مفهوم اشارات بوده و تأکیدی بر آن مطلب باشد [۳]. در زبان اشاره، برای نامیدن اسامی خاص مانند اسم محل‌ها، اشخاص، اشیا و کلماتی که اشاره‌ای برای آن‌ها در زبان وجود ندارد، از هجی دستی استفاده می‌شود. در هجی دستی، هرحرف از الفبای یک زبان، دارای اشاره مخصوص به خود است. فردی که از این روش ارتباطی استفاده می‌کند، هر کلمه را حرف به حرف با انگشت هجی می‌کند [۵]. زبان اشاره، زبانی سراسری و جهانی نیست؛ این زبان از کشوری به کشور دیگر، از یک زبان گفتاری به زبان گفتاری دیگر متفاوت است. زبان‌های اشاره بسیاری در جهان وجود دارد؛ از جمله زبان اشاره آمریکایی، زبان اشاره انگلیسی، زبان اشاره فارسی [۶].

زبان اشاره فارسی، زبان اول ناشنوایان ایران و هم‌چون دیگر زبان‌های اشاره دنیا زبانی طبیعی است. زبان اشاره فارسی اگرچه تحت تأثیر زبان فارسی است؛ اما هم از نظر واژگان و هم از نظر دستور زبان با زبان فارسی تفاوت دارد [۷].

در پردازش متون زبان طبیعی، با زبان نوشتاری سروکار داریم. این مسأله باعث می‌شود گرچه به جهت از دست دادن اطلاعات گویشی مانند لحن گوینده، آهنگ صدا، تأکید و مکث، با مشکلات و ابهاماتی مواجه می‌شویم؛ ولی در مقابل با شکل محدودتر و با قالب دستوری مشخص‌تری از زبان کار می‌کنیم. پردازش متون زبان فارسی در سطوح چهارگانه آوایی، ساخت‌واژی، نحو و معنایی و همچنین در حوزه‌های کاربردی متعددی امکان‌پذیر می‌باشد [۸].

برای به نمایش درآوردن سیستم مترجم، دو روش وجود دارد که هریک دارای مزایا و معایب مخصوص به خود است:

- استفاده از مجموعه‌ای از تصاویر یا ضبط کردن ویدئو توسط یک فرد اشاره‌کننده: اگرچه استفاده از اشاره‌کننده انسانی، باعث انتقال درست و صحیح محتوا می‌گردد، اما دارای معایبی است. این معایب عبارتند از روبه‌رو بودن با مشکلات و مسائلی که به واسطه حجم داده‌ها برای ذخیره‌سازی ویدئو وجود دارد و نیز دشواری و هزینه مربوط به ویرایش اطلاعات درون ویدئو.
- استفاده از آواتار یا یک شخصیت انیمیشنی: در این حالت، به جای کمک گرفتن از یک فرد اشاره‌کننده و ضبط حرکات او، از به حرکت درآوردن یک شخصیت انیمیشنی استفاده می‌شود. استفاده از این رویکرد، مشکلات ذخیره‌سازی و هزینه ویرایش را نخواهد داشت.

### *پیشینه تحقیق*

در سال ۲۰۰۳، سیستم مترجم ماشینی برای ترجمه زبان انگلیسی به زبان اشاره آفریقای جنوبی، ارائه شد. این سیستم، جمله به زبان انگلیسی را به عنوان ورودی دریافت می‌کند؛ با استفاده از دیکشنری انگلیسی، تمامی انواع کلمه را شناسایی کرده و درخت نحوی آن را، به منظور نمایش جمله، تشکیل می‌دهد. درخت نحوی زبان انگلیسی، با استفاده از دیکشنری زبان انگلیسی – زبان اشاره آفریقای جنوبی و همچنین قوانین گرامری زبان اشاره آفریقای جنوبی، به درخت نحوی زبان اشاره آفریقای جنوبی ترجمه می‌شود. آن‌گاه ماژول بعدی، با دریافت درخت نحوی زبان اشاره آفریقای جنوبی، از روی آن به ساخت یک جمله معتبر در زبان اشاره می‌پردازد. با دریافت جمله زبان اشاره تولید شده، ماژول گرافیکی، به منظور ترسیم یک آواتار برای نمایش دادن جمله به‌صورت اشاره فراخوانی می‌شود [۹، ۱۰].

در سال ۲۰۰۶، سیستم مترجمی برای ترجمه متن عربی به زبان اشاره

www.SID.ir

Archive of SID

عربی ارائه شد. در این سیستم، هنگامی که متن عربی توسط کاربر به‌صورت حرف به حرف وارد می‌شود، سیستم به‌صورت خودکار کلماتی را که با حروف تایپ شده آغاز می‌شوند، درون دیکشنری کلمات عربی جستجو می‌کند. زمانی که کاراکتر فاصله، توسط کاربر تایپ می‌شود، برنامه کلمه کامل را شناسایی می‌کند و به‌صورت خودکار اشاره عربی مربوط به کلمه‌ای که بیشترین تطابق را با کلمه تایپ شده دارد، به‌صورت ویدئوی از پیش ضبط شده، به نمایش می‌گذارد. در صورت عدم انطباق، حروف مربوط به کلمات به‌صورت هجی دستی با عکس نمایش داده می‌شود [۱۱].

در سال ۲۰۰۸، به منظور تبدیل خودکار متن انگلیسی به زبان اشاره هندی، چارچوبی ارائه شد که این روش، از قوانین گرامری انتقالی برای زبان اشاره هندی به‌منظور تولید جمله بهره می‌برد. در این سیستم ابتدا جمله ورودی، پیش‌پردازش و تحلیل می‌شود و نتایج آن، به‌عنوان ورودی ماژول تولید قرار می‌گیرند. دو عملیات اصلی در ماژول تولید، انجام می‌شود که عبارتند از: الف) انتخاب واژگان و ب) تطبیق ترتیب کلمات. در مرحله انتخاب واژگان، کلمات معادلی که مناسب زبان اشاره هندی هستند، انتخاب و جایگزین کلمات جمله می‌شوند. آن‌گاه در مرحله تطبیق ترتیب کلمات، انتقال ساختار جمله ورودی به زبان اشاره هندی انجام می‌گیرد. در نهایت، خروجی مرحله قبل در قالب ویدئوی از پیش ضبط شده، نمایش داده می‌شود [۱۲].

در سال ۲۰۰۹، نرم‌افزار مترجمی را توسعه دادند که متن ورودی را به زبان بنگال دریافت کرده و به‌طور خودکار به زبان اشاره بنگالی تبدیل می‌کند. فرهنگ لغت، مبنای کار این مترجم است. روش کار این مترجم این‌گونه است که کلمه یا جمله ساده در بخش مربوطه وارد شده و پردازش‌ها و جابجایی‌های لازم در ساختار کلمه یا جمله صورت می‌گیرد. در نهایت اشاره معادل آن کلمه یا جمله نمایش داده می‌شود. این سیستم برای نمایش خروجی برنامه، از ویدئوهای از قبل ضبط شده استفاده می‌کند [۱۳].

در همان سال، سیستم مترجمی برای تبدیل خودکار عبارات در زبان اسپانیایی به زبان اشاره اسپانیایی، با استفاده از مترجم مجازی ارائه شد. اساس کار این سیستم مترجم بر قواعد گرامری زبان اسپانیایی و با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی، نحوی و معنایی کلمات است. این مترجم با یک موتور انیمیشن ترکیب شده است که در آن یک شخصیت مجازی به‌عنوان مترجم عمل می‌کند. این سیستم در نهایت ورودی را به زبان اشاره اسپانیایی تبدیل می‌کند [۱۴].

در سال ۲۰۱۱، سیستمی به منظور ترجمه متن عربی به زبان اشاره عربی در حوزه فقه نماز ارائه شد. سیستم پیشنهادی، با اعمال قوانین ترجمه زبان اشاره عربی و همچنین با استفاده از آنتولوژی حوزه در نظر گرفته شده، متن عربی را به زبان اشاره عربی ترجمه می‌کند. این سیستم دارای مجموعه‌ای از پردازش‌هاست که شامل تجزیه و تحلیل مورفولوژیک، تحول دستوری و ترجمه معنایی می‌شود [۱۵].

در سال ۲۰۱۲، سیستم مبتنی بر آواتاری ارائه کردند که گفتار زبان عربی را به زبان اشاره عربی ترجمه می‌نماید. این سیستم از دو قسمت تشکیل شده است. در بخش اول، گفتار زبان عربی به‌عنوان ورودی توسط سیستم دریافت می‌شود. سخنان کاربر از طریق یک سیستم تشخیص گفتار به عنوان یک سیگنال آنالوگ ذخیره می‌شود؛ سپس دیجیتالی شده و به زبان اشاره عربی ترجمه می‌شود. بخش دوم سیستم، زبان اشاره عربی را به تصاویری تبدیل می‌کند که روی صفحه نمایش کامپیوتر کاربر به نمایش در می‌آید [۱۶، ۱۷].

در سال ۲۰۱۳، سیستم تبدیل و ترجمه زبان روسی به زبان اشاره روسی، برای افرادی که دارای اختلالات شدید شنوایی هستند، معرفی شد. ماژول‌های اصلی این ساختار عبارتند از: ۱. تفسیر متن ورودی، ۲. اِعمال تغییرات بین زبانی به منظور دست‌یابی به زبان مقصد، ۳. ترکیب زبان اشاره، ۴. مشاهده نتیجه ترجمه، به زبان اشاره و به صورت ویدئو [۱۸، ۱۹].

در سال ۲۰۱۴، سیستمی را ارائه کردند که متن به زبان مالایی را به‌عنوان ورودی دریافت کرده و زبان اشاره متناظر با آن را به‌صورت یک مدل کامپیوتری سه‌بعدی عرضه می‌کند. این سیستم با دریافت متن به زبان مالایی شروع به فعالیت می‌کند. مرحله اول، برچسب‌زنی اجزای کلام می‌باشد. تجزیه و تحلیل مورفولوژیک، برای به انجام رساندن این مرحله انجام می‌شود. در طول این مرحله، بخش‌های مختلف سخن شناسایی می‌گردد. آن‌گاه نتیجه این مرحله، به قسمت بهینه‌ساز سپرده می‌شود که در این بخش، کلمات نامطلوب از متن حذف می‌شوند. سپس خروجی این ماژول، به‌عنوان ورودی ماژول ریشه‌یاب قرار می‌گیرد. آن‌گاه نوبت به ماژول انیمیشن می‌رسد. ماژول انیمیشن، براساس ورودی خود، شخصیت و کاراکتر انسانی سه‌بعدی را به حرکت درمی‌آورد [۲۰].

در همان سال، سیستم مبتنی بر آواتاری جهت ترجمه زبان پرتغالی به زبان اشاره پرتغالی معرفی شد و چالش‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. این سیستم، ابتدا متن ورودی را به زبان پرتغالی دریافت می‌کند. پیش از آن‌که متن ورودی به ماژول‌های اصلی سیستم فرستاده شود، می‌بایست مجموعه‌ای از پردازش‌ها بر روی متن انجام شود تا متن وارد شده به قسمت‌های اصلی سیستم، به صورت استاندارد باشد. حال، متنِ پردازش شده به ماژول بعدی ارسال می‌شود. در این ماژول، تجزیه و تحلیل ساختار جمله ورودی و ایجاد تغییرات واژگانی و ساختاری جمله انجام می‌شود. حال، شناسه‌های انیمیشن متناظر با کلمات ورودی بازیابی می‌شوند. در نهایت، با استفاده از شناسه اشاره کلمات، توسط شخصیت انیمیشنی به‌صورت متوالی به نمایش گزارده می‌شود [۲۱، ۲۲، ۲۳].

خلاصه سیستم‌های مترجم پیشین در جدول ۱ آمده است.

### *معماری کلی سیستم‌های پیشین*

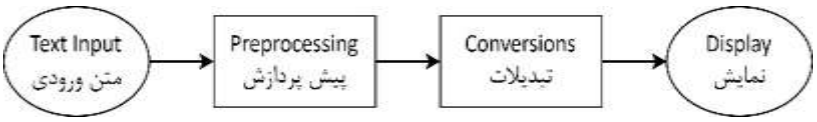
با بررسی فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه ترجمه خودکار زبان گفتاری به زبان اشاره، می‌توان معماری کلی سیستم مترجم را مانند شکل ۱ در نظر گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: جمع‌بندی سیستم‌های مترجم پیشین
Table 1: Summary of previous translator systems

| Project Name | Year | Source Language | Target Language | Input | Display |
|---|---|---|---|---|---|
| A prototype text into British Sign Language (BSL) translation system[27] | 2003 | English | British Sign Language | Text | Avatar-based |
| South African Sign Language machine translation system[9,10] | 2003 | English | South African Sign Language | Text | Avatar-based |
| Automatic translation of Arabic text to Arabic Sign Language[11] | 2006 | Arabic | Arabic Sign Language | Text | Video & Fingerspelling with images |
| An English to Indian Sign Language machine translation system[12] | 2008 | English | Indian Sign Language | Text | Video |
| A translator for Bangla text to Sign Language[13] | 2009 | Bangla | Bangla Sign Language | Text | Video |
| Automatic translation system to Spanish Sign Language with a virtual interpreter[14] | 2009 | Spanish | Spanish Sign Language | Speech or Text | Avatar-based (Animation) |
| A proposed semantic machine translation[15] | 2011 | Arabic | Arabic Sign Language | Text | SignWriting |
| Arabic text into Arabic Sign Language translation system for the deaf and hearing-impaired community[28] | 2011 | Arabic | Arabic Sign Language | Text | Video |
| An avatar based translation system from Arabic speech into Arabic Sign Language for deaf people[16,17] | 2012 | Arabic | Arabic Sign Language | Speech | Avatar-based (Images) |
| Computer Sign Language translation system for hearing impaired users / development of Computer Sign Language translation technology for deaf people[18,19] | 2012 | Russian | Russian Sign Language | Text | Video |
| A prototype Malayalam to Sign Language automatic translator[20] | 2014 | Malayalam | Indian Sign Language | Text | Avatar-base |
| Avatar-based translation from European Portuguese into Portuguese Sign Language[21,22,23] | 2014 | Portuguese | Portuguese Sign Language | Text | Avatar-based (Animation) |
| Automated Bangla Sign Language translation system : Prospects, limitations and applications[29] | 2016 | Bangla | Bangla Sign Language | Text | Text, Video, Image |
| Automatic translation of Arabic text-to-Arabic Sign language[30] | 2019 | Arabic | Arabic Sign Language | Text | Gloss & Images |




شکل ۱: معماری کلی سیستم‌های مترجم متن به زبان اشاره
Fig. 1: General architecture of text into Sign Language translator systems

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در ابتدا متن ورودی توسط سیستم دریافت شده و سپس پردازش‌های لازم بر روی آن صورت می‌گیرد. پس از آن، متن پردازش شده، به معادل خود در دنیای ناشنوایان زبان مقصد تبدیل شده و در نهایت به نمایش درمی‌آید.

اگرچه در خصوص زبان‌های دیگر، فعالیت‌هایی در زمینه ترجمه زبان گفتاری به زبان اشاره صورت گرفته است، اما لازمه ارائه یک سیستم مترجم کارآمد، استفاده از معماری متناسب با زبان مبدأ و مقصد می‌باشد. بنابراین، به دلیل ماهیت زبان فارسی و نیز ویژگی‌های زبان اشاره فارسی، امکان استفاده از روش‌های پیشین مقدور نیست و می‌بایست روش و رویکردی منطبق با خصوصیات زبان فارسی در نظر گرفت.

*کاربردهای تحقیق*

طرح پیشنهادی، با فراهم آوردن یک سیستم مترجم خودکار جهت ترجمه زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، تلاش می‌کند تا ناشنوایان ایران را در برقراری ارتباط هرچه بهتر یاری رساند. این سیستم، در کاربردهای زیر قابل استفاده می‌باشد:

- فراهم آوردن یک مترجم خودکار مبتنی بر آواتار به زبان اشاره، در برنامه‌های تلویزیونی و آموزشی برای استفاده ناشنوایان؛
- استفاده توسط افراد ناشنوا به منظور ترجمه مفاهیم و لغات به صورت مجزا؛
- استفاده توسط افراد شنوا به منظور یادگیری زبان اشاره و برقراری ارتباط بهتر با ناشنوایان؛

www.SID.ir

Archive of SID

- همراه شدن این سیستم با سیستم‌های تشخیص نوشتار و گفتار برای افراد ناشنوا.

## روش تحقیق

گردآوری اطلاعات در این پژوهش، به سه روش انجام شده است:

- روش کتابخانه‌ای: در این مرحله به‌منظور بررسی و شناخت کامل ادبیات مرتبط با موضوع؛ مقالات، کتب، پایان‌نامه‌ها و سایر منابع معتبری که اطلاعات مرتبط با موضوع را ارائه کرده‌اند، مورد بررسی قرار گرفت.
- روش میدانی: به‌منظور آشنایی با ناشنوایان و نیازهای آنان، جمع‌آوری اطلاعات کاربردی و اطلاع از تجربیات صاحب‌نظران در حوزه ناشنوایی، از مصاحبه و پر کردن پرسش‌نامه استفاده شده است.
- روش رایانه‌ای: با استفاده از ابزارهای مناسب، ساخت سیستم مترجم زبان فارسی به زبان اشاره فارسی انجام شده است.

### *معماری پیشنهادی*

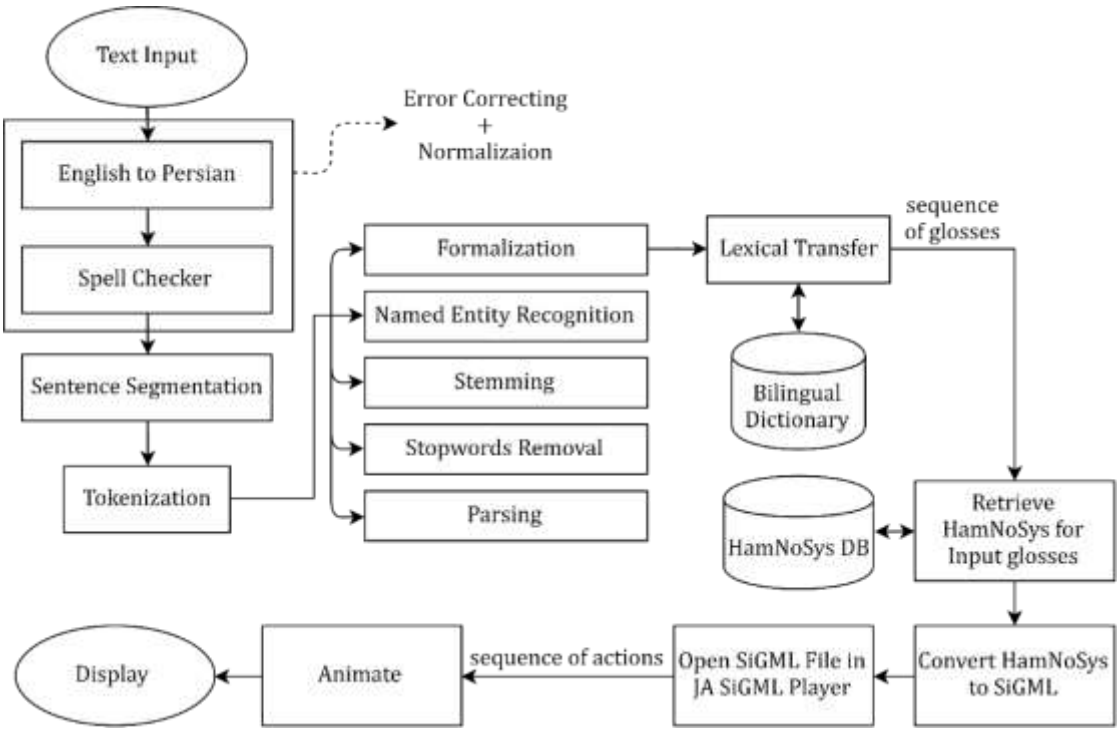
ترجمه ماشینی به صورت‌های مختلفی انجام می‌گیرد که انتخاب روش مناسب برای ترجمه، براساس نوع زبان مبدأ و مقصد، متفاوت است. در معماری پیشنهادی، رویکرد مبتنی بر انتقال که زیر مجموعه‌ای از ترجمه مبتنی بر قاعده است، پیش گرفته می‌شود. در این رویکرد، بیشتر از ترجمه لغت به لغت به‌صورت مستقیم و با استفاده از یک دیکشنری دوزبانه استفاده می‌شود؛ لازم به ذکر است در این روش، امکان برخی تغییرات کوچک یا برخی جابه‌جایی‌ها وجود دارد. این روش ترجمه، برای ترجمه زبان‌هایی مناسب است که بسیار شبیه به یکدیگر هستند و تفاوت عمده آن‌ها در لغات مورد استفاده آن‌ها است.

طی انجام مصاحبه‌ها با افراد صاحب‌نظر در حوزه زبان اشاره فارسی مشخص شد که زبان اشاره فارسی، قاعده و قانون مشخصی به لحاظ ساختاری ندارد و تفاوت آن با زبان مبدأ یعنی زبان فارسی، بیشتر در کلماتی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته برخی افعال اسنادی، برخی کلمات و حروف ربط در زبان اشاره فارسی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. از این‌رو، می‌توان این رویکرد ترجمه را، بهترین رویکرد برای استفاده در معماری پیشنهادی دانست. در شکل ۲، معماری پیشنهادی سیستم مترجم زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، نمایش داده شده است.

در ادامه، به توضیح هر یک از مراحل معماری پیشنهادی پرداخته می‌شود.

*متن فارسی به عنوان ورودی سیستم مترجم*

سیستم مترجم پیشنهادی، ابتدا متن به زبان فارسی را به‌عنوان ورودی از کاربر دریافت می‌کند. پیش از آن‌که متن وارد شده توسط کاربر، به سیستم ترجمه انتقال داده شود، می‌بایست پردازش‌هایی جهت استاندارد کردن متن ورودی انجام شود.




شکل ۲: معماری پیشنهادی سیستم مترجم مبتنی بر آواتار زبان فارسی به زبان اشاره فارسی

Fig. 2: The proposed architecture of Persian language avatar-based translator system to Persian Sign Language

www.SID.ir

Archive of SID

*پیش‌پردازش*

پردازش زبان فارسی از جهاتی با پردازش زبان انگلیسی متفاوت است. در زبان انگلیسی، تمامی حروف و تمامی کلمات، جدا از هم و با قانونی مشخص نوشته می‌شوند و این در حالی است که در زبان فارسی، بعضی از حروف به هم چسبیده‌اند، بعضی از حروف جدا از هم نوشته می‌شوند، بعضی از کلمات یکپارچه‌اند، بعضی از کلمات با فاصله یا نیم‌فاصله به دو یا چند بخش تقسیم می‌شوند که ممکن است مشکلاتی را در الگوریتم‌های پردازش متن فارسی به‌وجود آورد.

از این‌رو، در اولین گام می‌بایست متون برای استفاده در گام‌های بعدی به شکلی استاندارد درآیند. به همین دلیل سعی شده است تفاوت‌های ساده ظاهری برطرف گردد. برای رسیدن به این هدف، قبل از اعمال الگوریتم‌های موردنظر بر روی متون، پیش‌پردازش‌هایی روی آن‌ها انجام می‌شود. طبیعتاً هرچه این پیش‌پردازش‌ها قوی‌تر باشد، نتایج حاصل از مقایسه متون قابل اطمینان‌تر خواهد بود.

در ابتدا بایستی همه کاراکترهای متن با جایگزینی معادل استاندارد آن، یکسان‌سازی گردند. در پردازش رسم‌الخط زبان فارسی، با توجه به قرابتی که با رسم‌الخط عربی دارد، همواره در تعدادی از حرف‌ها مشکل وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به حروف «ک»، «ی»، همزه و... اشاره نمود. در اولین گام باید مشکلات مربوط به این حروف را برطرف ساخت. علاوه بر این، اصلاح و یکسان‌سازی کاراکتر نیم‌فاصله و فاصله در کاربردهای مختلف آن و همچنین حذف نویسه «_» که برای کشش کاراکترهای چسبان مورد استفاده قرار می‌گیرد و مواردی مشابه، از اقدامات لازم قبل از شروع مراحل بعدی می‌باشد. در این مرحله، مطابق با یک‌سری قاعده دقیق و مشخص، فاصله‌ها و نیم‌فاصله‌های موجود در متن برای علاماتی نظیر «ها» و «ی» غیر چسبان در انتهای لغات و همچنین پیشوندها و پسوندهای فعل‌ساز نظیر «می»، «ام»، «ایم»، «اید» و موارد مشابه جهت استفاده در مراحل بعدی، اصلاح می‌گردند [۸].

*تصحیح اشتباهات نوشتاری*

برای آن‌که متن ورودی به قسمت ترجمه ماشینی، به دور از خطاهای املایی و اشتباهات نوشتاری باشد، ماژول تصحیح خطاهای املایی (SpellChecker) و ماژول تبدیل زبان انگلیسی به فارسی (English2Persian) در نظر گرفته می‌شود.

- ماژول تبدیل زبان انگلیسی به فارسی: شاید برای شما هم اتفاق افتاده باشد که هنگام تایپ به زبان فارسی، زبان صفحه کلید خود را تغییر نداده باشید و کلمه موردنظرتان با کاراکترهای انگلیسی تایپ شود. اگر این ماژول کاراکترهای هر واژه را به زبان انگلیسی تشخیص دهد، پیش از آن‌که متن وارد شده را به قسمت‌های بعدی سیستم ارجاع دهد، کاراکترهای آن را به کاراکترهای زبان فارسی تبدیل می‌کند.
- ماژول تصحیح خطاهای املایی: وجود کاراکترهای مختلف که دارای تلفظ یکسان در زبان فارسی هستند، باعث می‌شود تا غلط‌های املایی زیادی رخ دهد. مثلاً کلمه «صابون»، ممکن است به اشتباه به صورت «ثابون» یا «سابون» نوشته شود. همچنین وجود حرف‌هایی که ممکن است تلفظ نشوند، باعث پیچیدگی نگارش زبان فارسی می‌گردد؛ مثل کلمه «خواهر». این ماژول، به رفع نواقص و خطاهای املایی کاربر می‌پردازد تا حتی‌الامکان کلمات به صورت صحیح و عاری از مشکلات املایی وارد سیستم ترجمه شوند.

*جداکننده*

پس از پایان مرحله نرمال‌سازی متون، ابزار تشخیص‌دهنده جملات با استفاده از علامت‌های «.»، «؛»، «!»، «؟»، «?»، «:» و به‌کارگیری برخی دستورات گرامری زبان فارسی و در نظر گرفتن برخی لغات آغازکننده جملات، مرز جمله‌ها را برای استفاده در گام‌های بعدی تعیین می‌نماید. به بیان دیگر، به کمک این پردازش‌گر، می‌توان جملات متن را استخراج کرد [۹]. پس از جداسازی جملات متن، نوبت به ماژول جداکننده کلمات می‌رسد. این ماژول، با استفاده از علامت‌های «فاصله»، «.»، «,»، «،»، «:»، «+»، «!»، «؟»، «?»، «/»، «@»، «$»، «٪»، «^»، «&»، «*»، «-»، «(»، «)»، «؛»، «{»، «}»، «\t»، «\r»، «\n»، واژه‌ها را شناسایی می‌نماید. به عبارت دیگر به کمک آن، می‌توان کلمات متن را استخراج نمود.

*تبدیل فرم گفتاری یا عامیانه به فرم نوشتاری یا رسمی زبان فارسی*

ساختار زبان فارسی به‌گونه‌ای است که شکل نوشتاری کلمات و شکل گفتاری آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. تمام پردازش‌ها روی متون براساس شکل نوشتاری کلمات صورت می‌گیرد. بنابراین در سیستم مترجم متن فارسی به زبان اشاره فارسی نیاز است تا اگر متن ورودی به شکل گفتاری نوشته شده باشد، آن را به معادل خود در شکل نوشتاری آن کلمه تبدیل نماید. این ماژول، تمام کلمات و اصطلاحات عامیانه که در گفتار فارسی از آنان استفاده می‌شود را با شکل نوشتاری خود در زبان فارسی جایگزین می‌کند.

*برچسب زننده اجزای واژگانی کلام*

تشخیص هرکدام از لغات به‌کار رفته در متن به عنوان فعل، اسم، قید و صفت بر عهده برچسب‌زن نحوی می‌باشد. در واقع برچسب‌زن نحوی علاوه بر تعیین مقوله‌های فوق، می‌تواند اسم مکان، اسم زمان، اسامی خاص، ضمایر، نوع صفات و موارد مشابه را تعیین نماید[۸]. اسامی خاص نظیر اسامی افراد، اماکن، مقادیر عددی و... با بهره‌گیری از یک لغت‌نامه شناسایی می‌گردد. سیستم مترجم برای نمایش اشاره موجودیت‌های اسمی یا کلماتی که درون دیکشنری خود معادلی برای آن‌ها ندارد، از هجی انگشتی استفاده می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

*ریشه‌یاب*

ریشه‌یابی، عبارت است از به‌دست آوردن ریشه کلمات با حذف پسوندها و پیشوندها، به‌طوری که کلمات با ریشه یکسان دارای شکل یکسان گردند. در زبان‌هایی مثل زبان انگلیسی، به دلیل ماهیت زبان و شباهت ریشه با کلمه اصلی، انجام عمل ریشه‌یابی کار نسبتاً آسانی است؛ اما در برخی زبان‌های دیگر مانند زبان فارسی به دلیل ماهیت تصریفی زبان، عملیات ریشه‌یابی، فرآیند پیچیده‌ای دارد [۸].

*ایست‌واژه‌ها*

ایست‌واژه‌ها لغاتی هستند که علی‌رغم تکرار فراوان در متن، از لحاظ معنایی دارای اهمیت کمی هستند؛ مثل «اگر»، «و»، «ولی»، «که» و... . در اغلب کاربردهای متن، حذف ایست‌واژه‌ها، نتایج پردازش را به شدت بهبود می‌دهد و سبب کاهش بار محاسبات و افزایش سرعت خواهد شد. به همین دلیل این موارد غالباً در مرحله پیش پردازش، حذف می‌شوند[۸]. در زبان اشاره فارسی، افعال اسنادی، شبیه زبان فارسی وجود ندارد؛ از این‌رو افعال «است»، «بود»، «باشد»، «شد» و... در این زبان معادلی ندارد؛ بنابراین در این ماژول، این‌گونه افعال نیز به عنوان ایست‌واژه در نظر گرفته می‌شوند.

*تبدیل واژگانی*

همان‌طورکه می‌دانیم زبان اشاره فارسی و زبان فارسی، معادل یکدیگر نیستند؛ به‌عبارت دیگر ممکن است یک کلمه از زبان فارسی دارای هیچ اشاره‌ای در زبان اشاره فارسی نباشد یا یک اشاره در زبان اشاره فارسی، معادل چندین کلمه در زبان فارسی باشد. حال با توجه به این مسأله، در سیستم مترجم پیشنهادی، معادل اشاره هریک از کلمات موجود در جمله، با استفاده از یک دیکشنری دوزبانه زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، در جمله قرار می‌گیرد.

در جدول ۲، کلماتی آورده شده‌اند که در زبان اشاره فارسی تعریف نشده‌اند و نیازمند تبدیل به معادل دارای اشاره خود هستند. این معادل‌سازی با استفاده از ماژول تبدیل واژگانی صورت می‌گیرد.

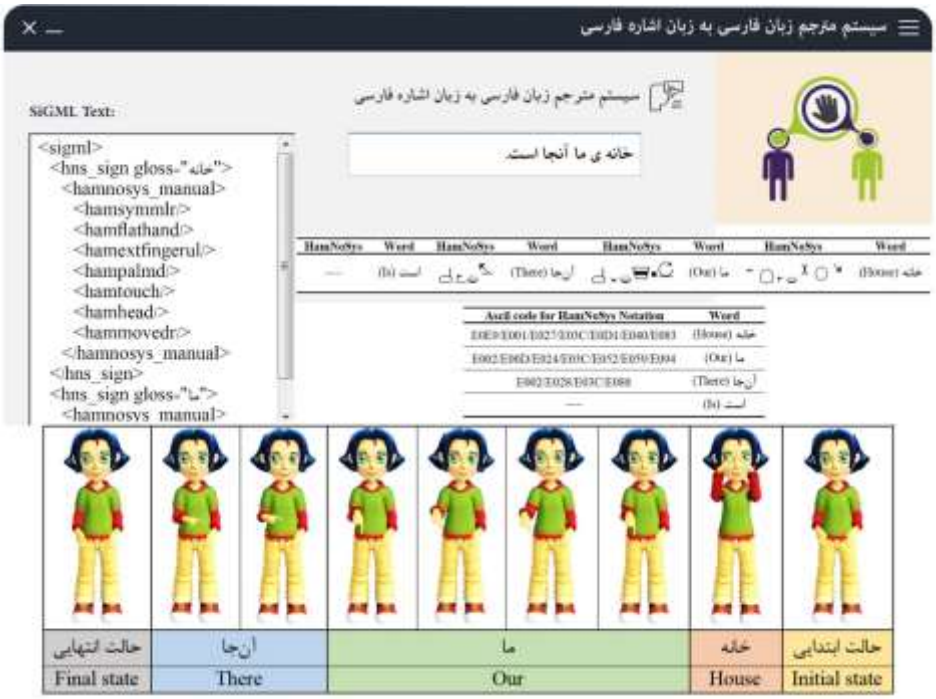
جدول ۲: کلمات فاقد زبان اشاره و معادل آن در زبان اشاره

Table 2: Words without Sign Language and their equivalent in the Sign Language

| کلمات تعریف نشده در زبان اشاره فارسی (Words not defined in Persian Sign Language) | کلمه تعریف‌شده در زبان اشاره فارسی (Word defined in Persian Sign Language) |
|---|---|
| اصم، کر، گنگ | ناشنوا (Deaf) |
| منزل، آپارتمان، مسکن، ساختمان | خانه (House) |
| حکمت، دانش، معرفت، اطلاع، یقین | علم (Science) |
| اختتام، انتها، پسین، ته، خاتمه، سرانجام، عاقبت، فرجام، نهایت | پایان (End) |

*نمایش*

در سیستم مترجم زبان فارسی به زبان اشاره فارسی، برای به نمایش درآوردن متن ورودی توسط شخصیت انیمیشنی، از تبدیل نمادهای سیستم نشان‌گذاری هامبورگ کلمات به کدهای اسکی معادل آن، و سپس تبدیل کدهای اسکی به زبان نشان‌گذاری حالات اشاره (SiGML) استفاده می‌شود. در نهایت شخصیت انیمیشنی به اجرای هر یک از کدهای زبان نشان‌گذاری حالات اشاره می‌پردازد که در شکل ۳ قابل ملاحظه می‌باشد.




شکل ۳: نمایش زبان اشاره با استفاده از کاراکتر انیمیشنی

Fig. 3: Displaying the Sign Language with an avatar

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است به منظور ذخیره و بازیابی نمادهای سیستم نشان‌گذاری هامبورگ معادل کلمات، از درخت پیشنودی بهره گرفته می‌شود.

*سیستم نشان‌گذاری هامبورگ(HamNoSys)*

سیستم نشان‌گذاری هامبورگ، سیستمی است که جهت به نگارش درآوردن چگونگی انجام اشارات در زبان اشاره، مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان گفت این سیستم، مشابه الفبای فونتیک است که برای زبان‌های گفتاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم نشان‌گذاری هامبورگ، می‌تواند تمامی اشارات موجود در همه زبان‌های اشاره را توصیف نماید. به علاوه، این سیستم وابسته به قراردادهای زبان اشاره نیست که در کشورهای مختلف، انواع مختلفی داشته باشد؛ از این‌رو، می‌تواند به‌عنوان سیستم کاملی در سطح بین‌المللی مورد استفاده قرار گیرد [۲۴]. ساختار کلی سیستم نشان‌گذاری هامبورگ در شکل ۴ آمده است.

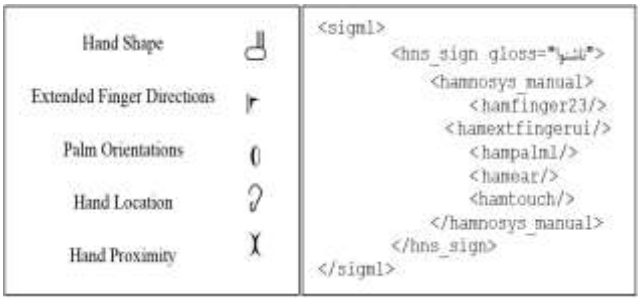
*زبان نشان‌گذاری حالات اشاره(SiGML)*

زبان SiGML، یک زبان نشان‌گذاری برای حرکات اشاره است. این زبان، نمادهای سیستم نشان‌گذاری هامبورگ را به‌صورت تگ‌هایی از XML توصیف می‌کند. زبان نشان‌گذاری حالات اشاره، از سیستم نشان‌گذاری هامبورگ مربوط به کلمات زبان اشاره ساخته می‌شود که قابلیت اجرا شدن توسط شخصیت سه‌بعدی در برنامه JA SiGML را دارد[۲۴].

*نحوه استفاده از سیستم نشان‌گذاری هامبورگ(HamNoSys) و زبان نشان‌گذاری حالات اشاره(SiGML)*

به هنگام درج یک کلمه درون سیستم مترجم، به‌صورت همزمان، نحوه انجام اشاره آن کلمه نیز با استفاده از سیستم نشان‌گذاری هامبورگ ذخیره می‌شود تا به هنگام ترجمه، اشارات مربوط به هر کلمه قابل دست‌یابی باشند. نمادهای نشان‌گذاری هامبورگ مربوط به هر کلمه، به‌صورت رشته‌ای از کدهای اسکی به همراه کلمه نگه‌داری و ذخیره می‌شود.

در شکل ۵، نمادهای سیستم نشان‌گذاری هامبورگ و کد زبان نشان‌گذاری حالات اشاره(SiGML) مربوط به کلمه «ناشنوا» آورده شده است.

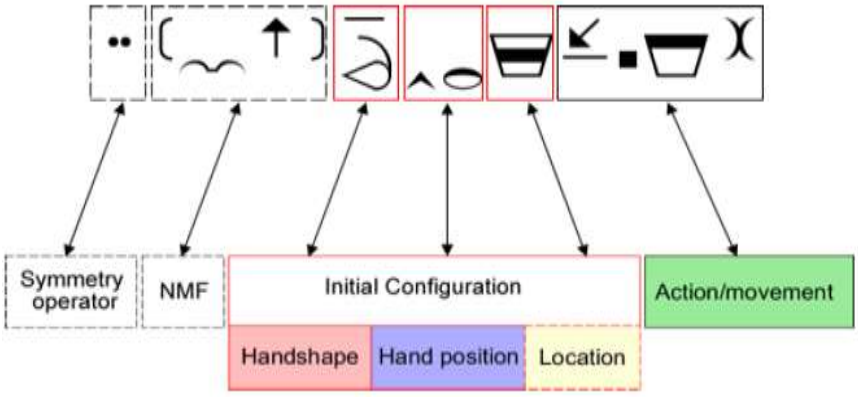



شکل ۵: شکل سمت راست: کد زبان نشان‌گذاری حالات اشاره برای کلمه «ناشنوا» ، شکل سمت چپ: نشان‌گذاری هامبورگ معادل اشاره کلمه «ناشنوا»

Fig. 5: On the right: SiGML code for the word "ناشنوا", On the left: HamNoSys Notation equivalent to sign of the word "ناشنوا"

*درخت پیشوندی*

در علم رایانه، درخت پیشوندی، یک ساختار داده درختی است که کلیدهای آن معمولاً رشته هستند. برخلاف یک درخت دودویی جستجو، در این درخت هیچ گرهی، کلیدی را ذخیره نمی‌کند؛ در عوض، موقعیت آن در درخت، نشان‌دهنده کلید مربوط به آن است. تمامی فرزندان یک گره، پیشوند مشترکی دارند. گره ریشه نیز یک رشته خالی است. معمولاً همه گره‌ها مشخص‌کننده کلیدها نیستند. گره‌های حاوی کلید، با استفاده از یک متغیر به نحوی علامت‌گذاری می‌شوند تا تمام کلیدها مشخص شوند. برای پیاده‌سازی درخت پیشوندی، دو کلاس با نام‌های TrieNode و TrieTree_Dictionary تعریف شده است. کلاس اول با نام TrieNode، به‌منظور ایجاد گره‌های درخت پیشوندی، و کلاس دوم با نام TrieTree_Dictionary، برای پیاده‌سازی توابع اصلی درخت پیشوندی که شامل توابع InsertTerm (درج کلمه درون درخت پیشوندی) و SearchTerm (جستجوی کلمه درون درخت پیشوندی) می‌باشد، تعریف شده است.




شکل۴: ساختار کلی سیستم نشان‌گذاری هامبورگ - استفاده از عناصری که در داخل خط‌چین‌ها قرار گرفته‌اند، اختیاری است[۲۵]

Fig. 4: The general structure of HamNoSys - The components in the boxes with the broken border are optional [25]

www.SID.ir

Archive of SID

تابع InsertTerm: این تابع که وظیفه درج کلمه و نشان‌گذاری هامبورگ مربوط به آن کلمه را در درخت پیشوندی برعهده دارد، بررسی می‌کند که آیا کلمه‌ای که برای درج شدن به تابع فرستاده شده است، پیش از این درون درخت قرار گرفته است یا خیر. اگر این کلمه قبلاً درج شده است، دیگر این کلمه را در درخت درج نمی‌کند؛ و اگر این کلمه پیش از این درج نشده بود؛ یا به عبارتی این کلمه، کلمه‌ای جدید بود، این تابع به صورت حرف به حرف در درخت پیش رفته و آن کلمه را در خانه مربوط به آن درج می‌کند. در شکل۶، نحوه درج کلمات {آن، آن‌جا، خامه، خانه، ما، مار و من} در درخت پیشوندی نمایش داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، متغیر CompleteTerm مربوط به حرف آخر کلمه، برابر با true و متغیر HamNoSys مربوط به حرف انتهایی برابر با پارامتر HamNoSys دریافت شده قرار می‌گیرد.

تابع SearchTerm: این تابع، وظیفه جستجوی یک کلمه و برگرداندن نشان‌گذاری هامبورگ مربوط به آن کلمه را در صورت وجود در درخت پیشوندی بر عهده دارد.

## نتایج و بحث

برای ارزیابی سیستم‌های مترجم، از متخصصان زبان اشاره استفاده می‌شود. این بدان علت است که ترجمه، می‌تواند صورت‌های درست مختلفی را به خود بگیرد؛ و تنها متخصصان زبان اشاره، می‌توانند درباره بررسی دقت و صحت ترجمه، تصمیم‌گیری و اعمال نظر نمایند.

سیستم مترجم پیشنهادی از سه منظر سرعت،کارایی و حافظه ارزیابی شده است. لازم به ذکر است که تمام ارزیابی‌های صورت گرفته بر مبنای یک مجموعه از جملات ساده انجام شده است. به‌علاوه برای ارزیابی دقت ترجمه سیستم مترجم پیشنهادی خروجی سیستم با ترجمه دستی جملات که توسط متخصصین زبان اشاره انجام شده است، بررسی گردید و دقت ترجمه سیستم پیشنهادی قابل قبل ارزیابی شد.

لازم به ذکر است گام منطقی پیشِ رو، ساخت و ارزیابی کامل این سیستم به منظور اطمینان حاصل کردن از سازگاری و صحت عملکرد آن در مقیاس بالا می‌باشد.

*ارزیابی سرعت سیستم مترجم*

در معماری پیشنهادی، به‌منظور ذخیره و بازیابی کلمات و نیز نشان‌گذاری هامبورگ مربوط به هر کلمه، از ساختمان داده درخت پیشوندی استفاده شده است. جستجو در درخت پیشوندی، از مرتبه طول کلمه و در نتیجه از مرتبه یک می‌باشد($\theta(1)$)؛ حال آن‌که اگر از یک جدول یا از یک درخت دودویی برای نگه‌داری کلمات استفاده می‌شد، جستجوی آن در بدترین حالت به مرتبه n (تعداد تمامی کلمات درج شده در درخت) نزدیک می‌شد. به بیان دیگر جستجو در درخت پیشوندی، مستقل از تعداد کلمات موجود در درخت می‌باشد [۲۶].

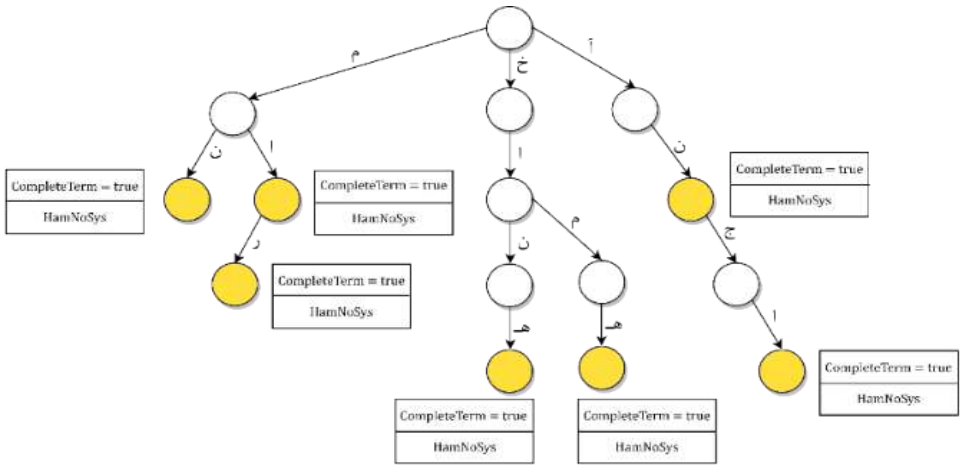
با توجه به اهمیت سرعت جستجوی کلمات و اشارات در سیستم مترجم، استفاده از ساختمان داده درخت پیشوندی مناسب خواهد بود.

*ارزیابی ماژول تبدیل واژگانی*

برای ارزیابی ماژول تبدیل در سیستم مترجم متن فارسی به زبان اشاره فارسی، از یک مجموعه تست استفاده شده است. تمامی جملات در نظر گرفته شده در مجموعه تست از کتب «خواندن» کلاس اول ابتدایی و «زبان‌آموزی و جمله‌سازی» کلاس اول تکمیلی (مخصوص دانش‌آموزان آسیب‌دیده شنوایی) هستند که بسیار ساده و دارای یک فعل می‌باشند. به‌طور کلی ۳۲۸ جمله ساده در مجموعه تست وجود دارد که در کل، این جملات شامل ۱۸۶۴ کلمه هستند. برای ارزیابی کارایی سیستم مترجم، از معیار F-Measure استفاده شده است، که بدین منظور، می‌بایست دو پارامتر Precision و Recall استفاده شود.

پارامتر Precision که عبارت است از حاصل تقسیم تعداد مستندات بازیابی‌شده مرتبط بر تعداد کل مستندات بازیابی‌شده؛ و پارامتر دیگر ، Recall است که عبارت است از حاصل تقسیم تعداد مستندات بازیابی شده مرتبط بر تعداد کل مستندات مرتبط موجود.

به‌طور کلی برای ارزیابی مجموعه تست، جملاتی که به‌طور مستقیم در دنیای ناشنوایان وجود ندارند و برای انتقال آن به ناشنوایان، باید از معادل آن کلمه در دنیای ناشنوایان استفاده شود، در نظر گرفته می‌شود.




شکل ۶: نحوه درج کلمات «آن، آن‌جا، خامه، خانه، ما، مار و من» در درخت پیشوندی

Fig. 6: Inserting the words "it, there, cream, house, we, snake, and I" in prefix tree

www.SID.ir

Archive of SID

از این رو ۱۷۴ جمله در مجموعه تست وجود دارد که به خودی خود در دنیای ناشنوایان معادل ندارند و باید کلمه یا کلماتی از آن جملات، به معادل دارای اشاره خود در دنیای ناشنوایان تبدیل شود. درصورتی‌که کلمه یا کلماتی از جمله ورودی، هیچ اشاره معادلی نداشته باشند، می‌بایست توسط الفبای دستی به نمایش درآیند. از مجموع این ۱۷۴ جمله، ۱۲۱ جمله با معادل‌سازی کلمات تشکیل‌دهنده آن با کلمات دارای معادل در دنیای ناشنوایان قابل نمایش می‌باشند. ۵۳ جمله دیگر از این مجموعه تست، برای نمایش در دنیای ناشنوایان، از تبدیل ناهمگون استفاده کرده‌اند که سیستم قادر به ترجمه این نوع تبدیلات بی‌قاعده نمی‌باشد. تبدیل ناهمگون یعنی کلماتی که در فارسی گفتاری وجود داشته و برای تبدیل به دنیای ناشنوایان با چندین کلمه جایگزین می‌شود. برای مثال، کلمه «ارزش» در دنیای ناشنوایان با «پول زیاد گران» معادل می‌باشد که این تبدیل بی‌قاعده در سیستم مترجم قابل انجام نیست. شکل ۷، انواع جملات تست و نیاز آن‌ها به تبدیلات باقاعده و بی‌قاعده را به نمایش می‌گذارد:

برای ارزیابی و مقایسه سیستم مترجم با استفاده از ماژول تبدیل و بدون استفاده از آن، مجموعه جملات تست با استفاده از متد F-Measure مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

برای این منظور در صورت عدم استفاده از ماژول تبدیل کارایی سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

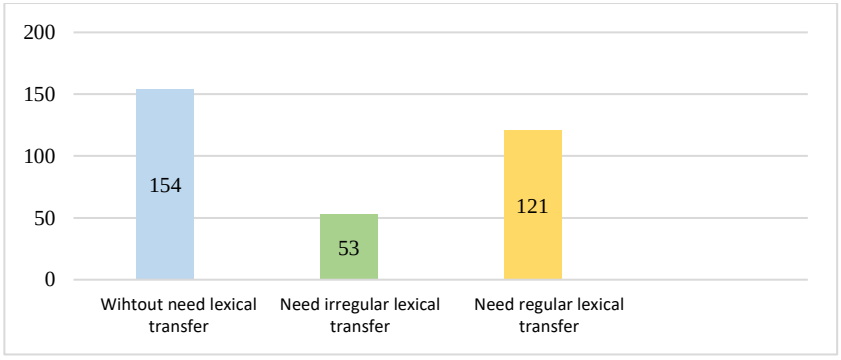
$$F-Measure = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (۱)$$

$$Precision = \frac{154}{328} \cong 0.47 \quad , \quad Recall = \frac{154}{154} = 1 \Rightarrow F-Measure \cong 0.64 \quad (۲)$$

حال درصورت استفاده از ماژول تبدیل، کارایی سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

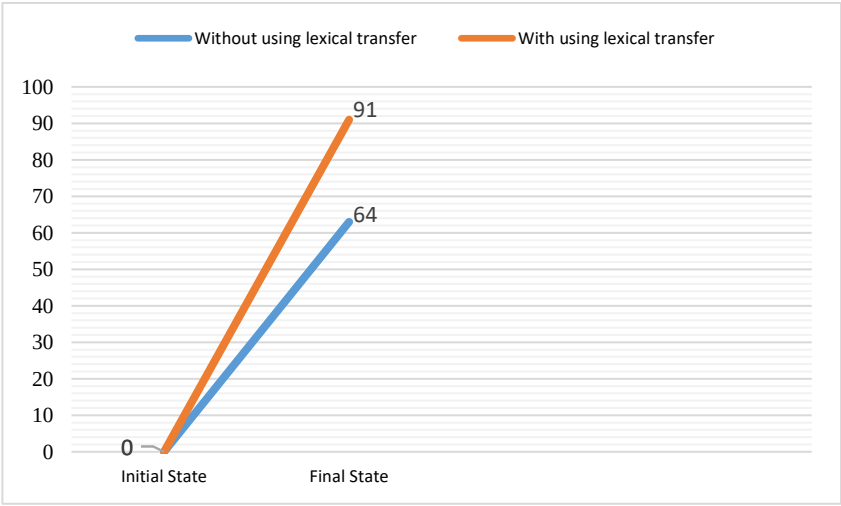
$$Precision = \frac{275}{328} \cong 0.84 \quad , \quad Recall = \frac{275}{275} = 1 \Rightarrow F-Measure \cong 0.91 \quad (۳)$$

همان‌طورکه در نمودار شکل ۸ نیز مشخص می‌باشد، کارایی سیستم مترجم با استفاده از ماژول تبدیل کلمات به معادل خود در دنیای ناشنوایان کارایی سیستم را افزایش داده است.




شکل ۷: جملات مجموعه تست به تفکیک نیاز یا عدم نیاز به تبدیل

Fig. 7: Set of test sentences separated based on the need or lack of need for lexical transfer




شکل ۸: نمودار تأثیر ماژول تبدیل در کارایی سیستم مترجم

Fig. 8: Diagram of the effect of the lexical transfer on the efficiency of the translator system

www.SID.ir

Archive of SID

*ارزیابی حافظه سیستم مترجم*

در نهایت، برای نمایش خروجی برنامه، از انیمیشن استفاده شده است که این‌کار باعث کاهش سربار حافظه می‌شود؛ زیرا اکثر سیستم‌های مشابه برای نمایش از ویدئوهای از قبل تهیه شده استفاده می‌کردند که این کار با بالا رفتن تعداد جملات و اشارات، باعث سربار حافظه شده و همچنین هزینه بالایی برای تهیه فضای ذخیره‌سازی، ترکیب ویدئوهای مربوط به کلمات درون متن ورودی و نیز ویرایش اطلاعات درون ویدئو صرف می‌شود.

با ترکیب سیستم به همراه آواتار یا شخصیت انیمیشنی، محتوا به‌صورت متن دریافت می‌شود؛ و به‌صورت بلادرنگ به فرم اشاره تبدیل می‌گردد، بدون آن‌که نیازی به در نظر گرفتن فضایی جهت ذخیره‌سازی ویدئو داشته باشد.

برای مثال، حجم مورد نیاز برای اشاره مربوط به هر کلمه در فایل‌های ویدئویی، به‌صورت میانگین معادل ۱۰۰ کیلوبایت است. حال اگر جمله «در راه برگشت به خانه آقای منوچهری، آموزگار کلاس چهارم را دیدم» در نظر گرفته شود، معادل زبان اشاره آن به‌صورت «من برگشت خانه آقا منوچهری معلم کلاس چهارم دید» خواهد بود. با توجه به این‌که «منوچهری» اسم خاص است و به‌صورت الفبای دستی نمایش داده می‌شود، در این جمله می‌بایست ۱۷ ویدئو به نمایش درآمده و نیز با یکدیگر ترکیب شوند؛ یعنی به صورت میانگین، حجم فایل‌های ویدئویی این جمله به ۱۷۰۰ کیلوبایت می‌رسد. حال تصور کنید، تعداد جملات به ۱۰۰۰ جمله برسد و هر جمله به‌طور متوسط نیازمند اجرای ۱۷ فایل ویدئویی باشد، در این صورت حجم فایل‌های ویدئویی به * ۱,۷۰۰ ۱,۷۰۰,۰۰۰ = ۱,۰۰۰ می‌رسد. به غیر از حافظه ذخیره‌سازی، اصلاح و ویرایش هر یک از فایل‌های ویدئویی، خود از دشواری‌های استفاده از ویدئو به حساب می‌آید.

## نتیجه‌گیری

سیستم پیشنهادی ارائه شده، براساس ویژگی‌های ذاتی زبان فارسی و زبان اشاره فارسی، با مسائل و چالش‌های متعددی روبه‌رو می‌باشد. از مهم‌ترین مسائل موجود، می‌توان موارد زیر را عنوان کرد:

- متناظر نبودن کلمات زبان فارسی با اشارات زبان اشاره فارسی در برخی موارد،
- نحوه نمایش زبان اشاره،
- نحوه ذخیره‌سازی اشارات.

در این مقاله، معماری جدیدی برای ترجمه زبان فارسی به زبان اشاره فارسی ارائه شد که با استفاده از آن، مسائل مطرح شده، تا حدود زیادی برطرف گردید. این سیستم دارای سرعت، کارایی و حافظه ذخیره‌سازی قابل قبولی می‌باشد.

## مشارکت نویسندگان

این مقاله، نتیجه و حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد اینجانب مرضیه دیوانی، با راهنمایی سرکار خانم دکتر محبوبه شمسی و مشاوره جناب آقای دکتر عبدالرضا رسولی کناری می‌باشد. این پایان‌نامه، با عنوان «طراحی سیستم مترجم مبتنی بر آواتار زبان فارسی به زبان اشاره فارسی» در سامانه ایرانداک به نشانی «https://sabt.irandoc.ac.ir/» به ثبت رسیده است.

## تشکر و قدردانی

لازم است از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس محمد لطافت ابربکوه که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند و نیز از همکاری جناب آقای محمدرضا واشقانی فراهانی در ترجمه مجموعه‌ای از جملات فارسی به زبان اشاره فارسی، کمال تشکر و قدردانی را به عمل آوریم.

## تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است».

## منابع و مآخذ

[1]. Nematollahi A. *Methods of machine translation in Arabic*. 2017; Persian.

[2]. Pakzad M. *In the World of Silence*. Tehran: Ministry of Culture and Islamic Guidance, Printing and Publishing Organization; 1996. Persian.

[3]. Movallali G. *My child has hearing impairment*. Tehran: University of Social Welfare & Rehabilitation Sciences Publication; 2011. Persian.

[4]. Bahadori A, Pirouzi M, Tehrani Zadeh H, Ghasemi Shad A, Loh Mousavi M, Mahmoudi R. *Set of Deaf's Signs*. Tehran: State Welfare Organization of Iran; 1996. Persian.

[5]. Sharifi Daramadi P, Ronaghi S, Safar Yazdi Z. [Translation of Fundamentals of Special Education: What Every Teacher Needs to Know]. *Werts M, Culatta R, Tompkins J* (Author). Tehran: Danzheh Publications; 2011; Persian.

[6]. Siyavoshi S. *Take a look at the construction of signs and their generalization in Persian Sign Language* [master's thesis]. Tehran: Allameh Tabatabai; 2005. Persian.

[7]. Siyavoshi S. *Persian Sign Language and the Need to Reconsider the Education and Evaluation of Iran's Deaf. 1st Linguistics Society of Iran*.2005; Tehran, Iran. Persian.

[8]. Nouri N. *Implementation of Semantic Role Labeling Tool With using a Persian FrameNet* [master's thesis]. MAshahd: Ferdowsi University of Mashhad; 2014. Persian.

[9]. Van Zijl L, Barker D, editors. South African sign language machine translation system. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualisation and Interaction;* 2003: Africa.

[10].Van Zijl L, Combrink A, editors. The South African sign language machine translation project: Issues on non-manual

www.SID.ir

Archive of SID

*Language*: 2015.

[24]. Kaur K, Kumar P. HamNoSys to SiGML conversion system for sign language automation. *Procedia Computer Science.* 2016;89: 794-803 .

[25]. Smith R. *HamNoSys 4.0 User Guide*; 2013. [Accessed April 2020].

[26]. Contributors W. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2020 [updated 4 April 2020 12:30 UTC. .

[27]. Marshall I, Sáfár É. A prototype text to British Sign Language (BSL) translation system. *The Companion Volume to the Proceedings of 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*; 2003.

[28]. Almohimeed A, Wald M, Damper RI. *Proceedings of the Second Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies*; 2011: Association for Computational Linguistics.

[29]. Hoque MT. R*ifat-Ut-Tauwab M, Kabir MF, Sarker F, Huda MN, Abdullah-Al-Mamun K. Automated Bangla sign language translation system: Prospects, limitations and applications*. Paper presented in the 2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV); 2016: IEEE.

[30]. Luqman H, Mahmoud SA. Automatic translation of Arabic text-to-Arabic sign language. *Universal Access in the Information Society*. 2019; 18: 939-951.

## معرفی نویسندگان

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**محبوبه شمسی** ایشان مدرک کارشناسی «ریاضی کاربردی – کاربرد در کامپیوتر» را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه اصفهان، مدرک کارشناسی ارشد «مهندسی کامپیوتر – نرم‌افزار» را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد نجف‌آباد و مدرک دکتری «مهندسی کامپیوتر – نرم‌افزار» را در سال ۱۳۸۹ از دانشگاه صنعتی مالزی (UTM) دریافت نمودند. هم‌اکنون ایشان استادیار دانشکده برق و و کامپیوتر دانشگاه صنعتی قم و عضو هیأت علمی این دانشگاه در رشته مهندسی کامپیوتر می‌باشند. زمینه‌های تخصصی ایشان، پردازش تصویر، محاسبات نرم، رایانش ابری، پایگاه داده‌های متمرکز و توزیع‌شده است.

**Shamsi, M. Assitant Professor, Computer Engineering – Software, Qom University Of Technology, Qom, Iran**

*shamsi@qut.ac.ir*

**مرضیه دیوانی** ایشان مدرک کارشناسی «مهندسی کامپیوتر – نرم‌افزار» را از دانشگاه قم در سال ۱۳۹۳ و مدرک کارشناسی ارشد خود را در همان رشته در سال ۱۳۹۷ از دانشگاه صنعتی قم اخذ کرده‌اند.

sign generation. *Proceedings of the 2006 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*; 2006.

[11]. Mohandes M. Automatic translation of Arabic text to Arabic sign language. *AIML Journal*. 2006;6(4):15-19.

[12]. Dasgupta T, Basu A. *An English to Indian Sign Language Machine Translation System*. India: The Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology; 2008: Kharagpur 721302.

[13]. Sarkar B, Datta K, Datta CD, Sarkar D, Dutta SJ, Roy ID, et al. *A translator for bangla text to sign language*. Paper presented in the 2009 Annual IEEE India Conference: 2009: Gujarat, India: IEEE.

[14]. Baldassarri S, Cerezo E, Royo-Santas F. *Automatic translation system to Spanish Sign Language with a virtual interpreter*. Paper presented in the IFIP Conference on Human-Computer Interaction: 2009: Springer.

[15]. Almasoud AM, Al-Khalifa HS. A proposed semantic machine translation system for translating Arabic text to Arabic sign language. *Proceedings of the Second Kuwait Conference on e-Services and e-Systems*; 2011.

[16]. Halawani SM. Arabic sign language translation system on mobile devices. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. 2008;8(1):251-6.

[17]. Halawani S, Zaitun A. An avatar based translation system from Arabic speech to Arabic sign language for deaf people. *International Journal of Information Science and Education*. 2012;2(1):13-20.

[18]. Grif MG, Korolkova OO, Demyanenko YA, Tsoy YB. Development of computer sign language translation technology for deaf people. *Proceedings of 2011 6th International Forum on Strategic Technology*: 2011: Harbin, Heilongjiang, Harbin. IEEE.

[19]. Grif MG, Korolkova OO, Demyanenko YA, Tsoy EB. *Computer sign language translation system for hearing impaired users.* Paper presented in the 2012 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST): 2012: Tomsk, Russia:IEEE.

[20]. Joy J, *Balakrishnan K. A prototype Malayalam to Sign Language Automatic Translator*. 2014.

[21]. Almeida IR. *Exploring challenges in avatar-based translation from european portuguese to portuguese sign language* [master's thesis]. Lisbon: Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa; 2014.

[22]. Almeida IR. Exploring challenges in avatar-based translation from european portuguese to portuguese sign language. 2014; 1-10.

[23]. Almeida I, Coheur L, Candeias S. Coupling natural language processing and animation synthesis in portuguese sign language translation. *Proceedings of the Fourth Workshop on Vision and*

www.SID.ir

Archive of SID

**Divani, M. Computer Engineering – Software, Qom University Of Technology, Qom, Iran**
*divani.m@qut.ac.ir*

**عبدالرضا رسولی کناری** استادیار دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی قم و عضو هیأت علمی این دانشگاه در رشته مهندسی کامپیوتر می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی «ریاضی کاربردی – کاربرد در کامپیوتر» را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه اصفهان، مدرک کارشناسی ارشد «مهندسی کامپیوتر – نرم‌افزار» را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد نجف‌آباد و مدرک دکتری «مهندسی کامپیوتر – نرم‌افزار» را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه صنعتی مالزی (UTM) دریافت نمودند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: امنیت داده‌های توزیع‌شده، رمزنگاری، شبیه‌سازی کامپیوتری، پیش‌بینی داده‌ها و پردازش‌ها بر پایه داده‌کاوی، هوش مصنوعی و شبکه عصبی، داده‌کاوی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری و محاسبات چندجانبه امن.

**Rasouli Kenari, A. Assitant Professor, Computer Engineering – Software, Qom University Of Technology, Qom, Iran**
*rasouli@qut.ac.ir*

**Citation (Vancouver):** Shamsi M, Divani M, Rasouli Kenari A. [Designing an Avatar-based Translator System from Persian into Persian Sign Language (PSL)]. *Tech. Edu. J. 2021; 15(2): 277-290*
http://dx.doi.org/10.22061/tej.2020.6747.2446

**COPYRIGHTS**
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

www.SID.ir