



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ім. В.М. ГЛУШКОВА

І.В. СЕРГІЄНКО  
Ю.В. КРАК  
О.В. БАРМАК  
А.І.КУЛЯС

**СИСТЕМИ ЖЕСТОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ:  
МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ  
ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ**

КИЇВ НАУКОВА ДУМКА 2019

УДК 004.92.93.94

Сергієнко І.В., Крак Ю.В., Бармак О.В, Куляс А.І.  
**Системи жестової комунікації: моделювання та розпізнавання дактильної жестової мови.** Монографія. – К: Наукова думка, 2019. – 284 с.

Монографію присвячено актуальним проблемам моделювання та розпізнавання дактильної жестової мови як засобу комунікації між людьми, що чувають та людьми з вадами слуху.

Для фахівців у галузі кібернетики, моделювання, штучного інтелекту, побудови людино-комп'ютерних інтерфейсів, дослідження жестових мов спілкування, а також для студентів і аспірантів відповідних спеціальностей.

Рецензенти: академік НАН України А.О. ЧИКРІЙ  
член-кореспондент НАН України А.В. АНІСІМОВ

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Науково-видавничий відділ  
фізико-математичної і технічної літератури

Редактор *О.А. Микитенко*

ISBN 978-966-00-1705-4

© І.В. Сергієнко, Ю.В. Крак,  
О.В. Бармак, А.І. Куляс, 2019  
© НВП «Видавництво “Наукова думка”  
НАН України, 2019

## ЗМІСТ

---

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	9
<b>СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b> .....	Ошибка! Закладка не определена.
<b>ЧАСТИНА I. МОДЕЛЮВАННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</b> .....	10
<b>РОЗДІЛ 1. РОЗРОБКА МОДЕЛІ КИСТІ РУКИ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</b> ....	12
1.1. <i>ЗАГАЛЬНІ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ ПОБУДОВИ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ КИСТІ РУКИ ЛЮДИНИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</i> .....	12
1.2. <i>ВИМОГИ ДО ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ КИСТІ РУКИ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</i> .....	16
1.3. <i>МОДЕЛЬ КИСТІ РУКИ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</i> .....	20
1.4. <i>РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ РУКИ</i> .....	23
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ЗАСАДИ МАЙДАНЧИКА НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗНАНЬ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</b> .....	27
2.1 <i>СТРУКТУРНИЙ ОПИС ОСНОВНИХ ЗАСАД, МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ ДАКТИЛЬНІЙ ЖЕСТОВІЙ МОВІ</i> .	27
2.2 <i>ПЕРЕВІРКА ЯКОСТІ НАВЧАННЯ ДАКТИЛЬНІЙ АБЕТЦІ</i>	30
2.3 <i>ПЕРЕВІРКА РІВНЯ ЗАСВОЄННЯ МАТЕРІАЛУ З ВИВЧЕННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ</i> .....	31
2.4 <i>СТВОРЕННЯ БІБЛІОТЕКИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТА ТЕСТІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ РІВНЯ ЗАСВОЄННЯ МАТЕРІАЛУ</i>	

---

2.5	СТВОРЕННЯ БІБЛІОТЕКИ ВІДЕОЗАПИСІВ СКЛАДОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ .....	45
2.6	СТРУКТУРНИЙ ОПИС ДАКТИЛЕМ.....	47
<b>РОЗДІЛ 3. ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗНАНЬ З ВИВЧЕННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ.....</b>		<b>52</b>
2.7	ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗАСВОЄННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ .....	52
2.8	ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИКИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ .....	56
2.9	РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУР ТА ПРИМІТИВІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ.....	58
2.10	ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК «УКРАЇНСЬКА ДАКТИЛЬНА АБЕТКА».....	59
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО ЧАСТИНИ І .....</b>		<b>65</b>
<b>ЧАСТИНА ІІ . РОЗПІЗНАВАННЯ ДАКТИЛЬНОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ 68</b>		
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗПІЗНАВАННЯ НЕВЕРБАЛЬНИХ КАНАЛІВ КОМУНІКАЦІЇ.....</b>		<b>69</b>
1.1.	СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ПЕРЕКЛАДУ ЖЕСТОВОГО МОВЛЕННЯ.....	72
1.1.1.	Системи, що використовують механічні рукавиці	73
1.1.2.	Системи, що використовують 3D-камери .....	74
1.1.3.	Системи, що використовують дві камери.....	75
1.1.4.	Системи, що використовують стерео-камеру .....	77
1.1.5.	Системи, що використовують одну камеру.....	77
1.1.6.	Системи розпізнавання статичних жестів дактильної абетки .....	79
1.1.7.	Системи розпізнавання жестового мовлення у динаміці.....	80
1.2.	МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ У ВІДЕО ПОТОЦІ .....	84
1.2.1.	Початкова обробка зображення.....	84
1.2.2.	Перетворення зображення з формату RGB в формат HSV .....	85

1.2.3. Огляд методів попередньої обробки і сегментації зображень .....	86
1.2.4. Фільтрація зображення .....	89
1.2.5. Огляд методів кластеризації та класифікації інформації .....	92
1.3. СУЧАСНІ МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ .....	93
<b>РОЗДІЛ 2. ПІДХОДИ ДО РОЗПІЗНАВАННЯ НЕВЕРБАЛЬНИХ КАНАЛІВ КОМУНІКАЦІЇ.....</b>	<b>95</b>
2.1 ОСНОВНІ ВИМОГИ ТА ЗАГАЛЬНІ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИВЧЕННЯ ДАКТИЛЬНОЇ АБЕТКИ ЖЕСТОВОЇ МОВИ .....	96
2.2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ГРУПУВАННЯ ДАКТИЛЕМ ПРИ ПРОСТОРОВІЙ ДЕМОНСТРАЦІЇ.....	102
2.3 ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ДАКТИЛЬНОЇ МОВИ.....	106
2.4 . ПОШУК РУКИ НА ЗОБРАЖЕННІ .....	109
2.5 . ВИДІЛЕННЯ ОЗНАК МЕТОДОМ КЛІТИННОГО РОЗБИТТЯ ОБЛАСТІ ПОКАЗУ ДАКТИЛЕМ .....	111
2.6 . ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ЗОБРАЖЕНЬ ЯК ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ОЗНАК ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДАКТИЛЬНОЇ МОВИ .....	113
2.7 . ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ОЗНАК МЕТОДОМ СКЕЛЕТИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ ДАКТИЛЕМ... ..	117
2.8 . ЗНАХОДЖЕННЯ КУТОВИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ОЗНАК ЕЛЕМЕНТІВ ДАКТИЛЬНОЇ МОВИ.....	119
2.9 . ХАРАКТЕРИСТИЧНІ ОЗНАКИ ДАКТИЛЕМ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЗВ'ЯЗНИХ ОБЛАСТЕЙ .....	122
2.10. ПОБУДОВА ДЕСКРИПТОРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ФОРМУ КОНТУРУ ЕЛЕМЕНТІВ ДАКТИЛЬНОЇ МОВИ .....	125
2.11. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ОЗНАК ДЛЯ ДАКТИЛЕМ З АМПЛІТУДОЮ РУХУ .....	129
2.12 . МАТЕМАТИЧНІ ЗАСОБИ ГІПЕРПЛОЩИННОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПЕРАЦІЙ ПСЕВДООБЕРНЕННЯ .....	133

2.12.1. Класифікація даних засобами побудови дискримінантних функцій.....	137
2.12.2. Алгоритм синтезу лінійних систем для класифікації інформації.....	138
2.12.3. Оптимізація лінійної полосної відділюваності у просторі ознак.....	139
2.12.4. Алгоритм оптимального синтезу лінійних систем розпізнавання.....	141
2.13 . ОПИС ВИДІЛЕНИХ ОЗНАК ДЛЯ НЕРУХОМИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДАКТИЛЬНОЇ МОВИ. ....	143
2.14 . АНАЛІЗ ІНФОРМАТИВНОСТІ ОЗНАК .....	144
2.15 . РЕЗУЛЬТАТИ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАКТИЛЕМ, ЩО СЛАБО РОЗДІЛЯЮТЬСЯ.....	147
2.16 . ВИКОРИСТАННЯ СТІЙКИХ ОЗНАК ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНФІГУРАЦІЇ РУКИ ПРИ ЖЕСТОВОМУ МОВЛЕННІ.....	155
2.16.1. Застосування методу Speeded Up Robust Features для виявлення стійких ознак зображення.....	156
2.16.2. Методика з використанням методу гістограм орієнтованих градієнтів для ідентифікації конфігурації руки.....	166
2.17 . УЗАГАЛЬНЕННЯ ВЕКТОРІВ ОЗНАК У МАТРИЧНІЙ ФОРМІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МОВНОГО ТА ЖЕСТОВОГО СИГНАЛУ.....	168
2.17.1. Спектрограма як представник мовного сигналу в математичній моделі сигналу .....	168
2.17.2. Подання контуру дактильного знаку .....	170
2.17.3 Стандартизація матричних векторів ознак у задачах розпізнавання мови та мови жестів .....	171
2.17.4. Еліпсоїдальна відстань для матричного подання об'єктів .....	175
2.17.5. Відстані відповідності за зануренням у слухний підпростір у просторі ознак.....	178

**РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ТЕСТУВАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ НЕВЕРБАЛЬНОГО МОВЛЕННЯ.....185**

<i>3.1. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДАКТИЛЬНИХ СИМВОЛІВ .....</i>	<i>186</i>
<i>3.2. ПОДАННЯ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....</i>	<i>187</i>
<i>3.3. ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ЗОБРАЖЕННЯ, ПОДАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ РУКИ.....</i>	<i>189</i>
<i>3.4. АЛГОРИТМ АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНОСТІ ДАКТИЛЕМИ .....</i>	<i>193</i>
<i>3.5. ВИЗНАЧЕННЯ МНОЖИН СТАТИЧНИХ ДАКТИЛЕМ..</i>	<i>194</i>
<i>3.6. АЛГОРИТМ ГІПЕРПЛОЩИННОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ СЛАБОРОЗДІЛЬНИХ ДАКТИЛЕМ .....</i>	<i>195</i>
3.6.1. Отримання гіперплощин .....	196
3.6.2. Ідентифікація підмножини дактилем .....	197
<i>3.7. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДАКТИЛЕМИ .....</i>	<i>198</i>
<i>3.8. ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....</i>	<i>199</i>
3.8.1. Опис інтерфейсу тестового застосування.....	200
3.8.2. Опис ієрархії класів, що реалізують інформаційну технологію .....	204
3.8.3. Результати тестувань інформаційної технології для розпізнавання елементів дактильної мови.....	210
3.8.4. Аналіз негативних випадків ідентифікації дактилем .....	214
<i>3.9. ВИКОРИСТАННЯ СТІЙКИХ ОЗНАК ЗОБРАЖЕННЯ В АЛГОРИТМІЧНИХ ПІДХОДАХ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНФІГУРАЦІЇ РУКИ В ЖЕСТОВОМУ МОВЛЕННІ .....</i>	<i>215</i>
3.9.1. Технологія використання методу Speeded Up Robust Features для отримання особливостей зображення в задачі ідентифікації конфігурації руки .....	216
3.9.2. Технологія використання методу гістограм орієнтованих градієнтів для виявлення особливостей зображення при ідентифікації дактильної абетки....	229

<i>3.10. ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНИХ ВЕКТОРІВ ОЗНАК У ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ДАКТИЛЬНИХ ЗНАКІВ</i> .....	233
3.10.1. Виділення на зображенні контуру долоні.....	233
3.10.2. Опукла оболонка та дефекти контуру долоні.....	234
3.10.3. Подання структури дефекту у стандартизованій формі.....	237
3.10.4. Алгоритм розпізнавання знаків дактильної мови жестів.....	241
3.10.5. Програмна реалізація системи розпізнавання знаків дактильної абетки.....	245
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	Ошибка! Закладка не определена.
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДО ЧАСТИНИ II</b> .....	<b>253</b>