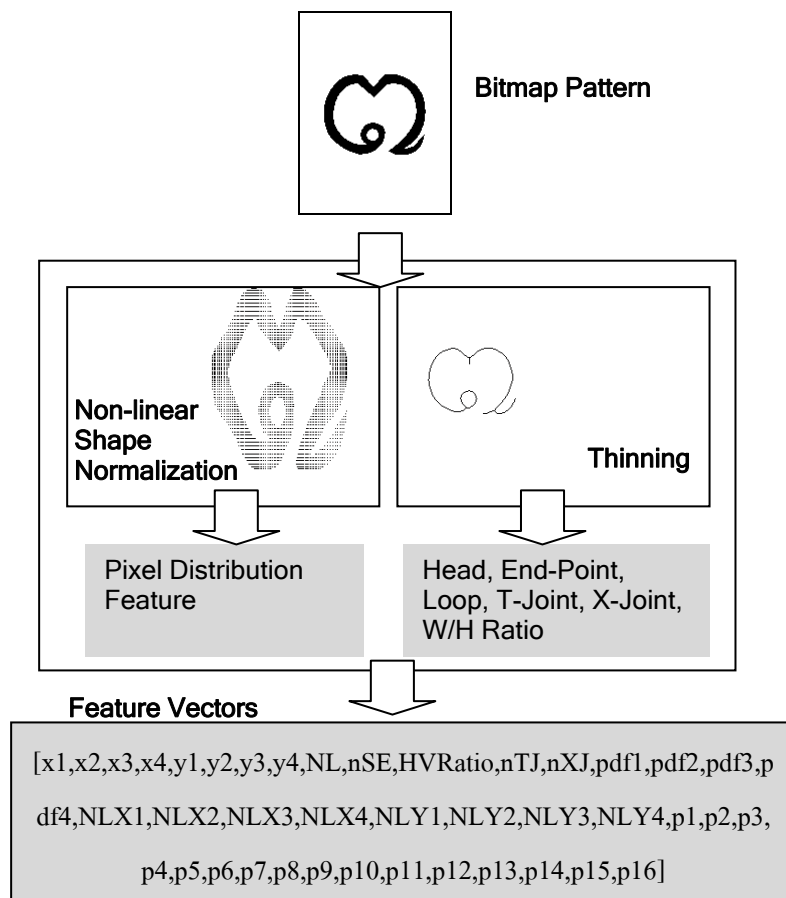


บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า อักษรธรรมอีสานสามารถนำมาเข้าสู่กระบวนการรู้จำได้ โดยนำข้อมูลของตัวอักษรจากรูปแบบของ Text file มาแปลงเป็นรูปภาพ (image file) จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยการปรับมาตรฐานรูปร่างแบบไม่เชิงเส้น (Non-Linear Shape Normalization :NSN) และการลดความหนาของตัวอักษร (Thinning) จากนั้นจึงเข้าสู่การสกัดลักษณะเฉพาะของอักษรธรรมอีสาน โดยการหาค่าการกระจายของจุดแล้วนับจำนวนของจุด และการหาจำนวนหัวของอักษร รวมทั้งการจุดเชื่อมต่อ จุดแยก และจุดสิ้นสุดของตัวอักษร แล้วได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลเวกเตอร์ ที่มีจำนวนข้อมูล 41 ข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 5.1 จากนั้น จึงนำข้อมูลเวกเตอร์ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อการฝึกฝนและทดสอบการรู้จำต่อไป



ภาพที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการสกัดลักษณะเฉพาะของอักษรธรรมอีสาน

เมื่อได้ข้อมูลเวกเตอร์แล้ว ก็จะนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อเข้าสู่กระบวนการรู้จำโดยการสร้างตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟให้กับตัวอักษรแต่ละตัว แล้วคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (Observation : O) โดยใช้หลักการ Forward-Backward Algorithm หลังจากนั้นจะคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นสูงสุด เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลที่นำเข้านั้นตรงกับอักขระตัวใด ได้ผลลัพธ์ดังตัวอย่างในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O) ของตัวอักษรทั้ง 91 ตัว 6 แบบ

ตัวอักษรที่	ความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O)					
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
1	-51.673	-50.324	-59.4469	-56.3535	-56.8965	-59.7506
2	-54.39	-54.1023	-55.201	-58.229	-57.7879	-57.2839
3	-55.6187	-54.224	-48.8055	-55.7188	-55.1354	-54.7375
4	-67.4257	-64.6243	-56.0148	-63.3229	-65.1737	-68.0056
5	-52.0302	-52.291	-52.1602	-68.4996	-70.2005	-54.6128
6	-49.2133	-44.6215	-44.4619	-58.2994	-59.0583	-54.0437
7	-55.4577	-57.231	-71.5996	-61.208	-57.3248	-59.5692
8	-62.5177	-62.5533	-65.9934	-63.9579	-68.9291	-61.841
9	-66.1251	-68.0875	-58.3842	-64.4082	-64.9382	-66.0901
10	-60.3235	-62.2006	-61.6591	-67.6898	-63.6081	-63.6831
11	-54.8816	-54.605	-61.0027	-67.7276	-52.169	-62.7529
12	-55.4152	-54.1102	-65.2673	-65.0814	-67.1102	-71.0946
13	-60.0955	-64.3189	-66.538	-66.6567	-60.8604	-59.497
14	-69.328	-65.6251	-65.097	-60.7591	-65.1539	-68.7289
15	-60.5578	-54.8807	-63.2337	-61.3611	-66.3116	-59.7513
16	-68.7226	-65.3953	-63.3692	-64.5098	-66.2442	-63.7205
17	-56.7818	-61.1295	-63.1382	-66.0977	-63.1433	-61.9031
18	-62.0343	-63.1268	-64.4733	-64.6902	-63.2064	-64.413
19	-66.2885	-65.1891	-65.6684	-64.3853	-64.3172	-61.8164
20	-55.117	-51.488	-56.7871	-61.0296	-60.3828	-57.178
21	-50.471	-72.2002	-62.9711	-84.1156	-70.7488	-59.8106
22	-53.5873	-54.1697	-60.0256	-56.2358	-60.5699	-54.7385
23	-50.4067	-58.8091	-60.0152	-57.2276	-61.3794	-57.3271
24	-125.837	-122.859	-122.764	-127.016	-121.772	-49.3981
25	-52.3105	-56.7968	-61.4558	-57.6706	-56.7067	-60.335

ตัวอักษรที่	ความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O)					
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
26	-57.8672	-56.9894	-61.0109	-63.1101	-62.367	-69.2374
27	-53.7557	-54.8491	-51.8239	-61.2341	-64.1887	-66.1737
28	-56.0443	-54.3845	-56.9603	-63.9643	-64.0412	-54.5586
29	-56.5963	-60.779	-68.2681	-61.1475	-65.0221	-61.1349
30	-100.751	-61.5935	-146.161	-103.878	-64.1353	-58.2569
31	-49.5817	-49.5284	-48.9448	-53.1709	-50.0461	-65.8147
32	-54.8061	-53.4115	-49.5804	-51.8441	-52.7834	-60.762
33	-45.3089	-46.2496	-34.2147	-43.174	-40.5034	-41.1477
34	-56.2271	-49.4888	-58.19	-61.1268	-58.4473	-64.4914
35	-57.1746	-55.5506	-49.8874	-56.7567	-57.1356	-68.98
36	-56.8101	-54.7079	-52.1151	-56.9502	-69.0999	-56.9608
37	-53.7236	-49.9701	-55.0967	-58.9313	-57.214	-56.0885
38	-51.204	-46.3377	-52.2036	-52.6992	-48.574	-68.9933
39	-52.1254	-50.3727	-60.0992	-60.312	-56.4579	-63.3173
40	-54.5521	-58.4783	-57.5563	-61.7964	-60.744	-64.7303
41	-54.0382	-52.8692	-58.131	-63.5017	-56.4312	-61.0353
42	-47.3886	-46.651	-54.0105	-62.0831	-56.1767	-56.5544
43	-53.503	-51.3269	-57.9929	-57.8201	-57.5147	-66.4036
44	-56.7215	-59.0351	-56.7927	-61.5796	-58.6981	-64.8984
45	-48.1725	-46.1489	-53.1649	-58.153	-60.5983	-53.6766
46	-56.1331	-57.0592	-59.2154	-64.1184	-62.7503	-63.0876
47	-47.907	-48.9038	-61.6149	-58.0252	-57.4285	-63.9903
48	-59.7917	-52.3927	-55.3582	-60.3197	-58.9329	-58.7458
49	-36.982	-43.9167	-32.9465	-50.0398	-35.7409	-39.4329
50	-56.7233	-60.3964	-66.0572	-60.5364	-63.5101	-64.3691
51	-59.9457	-63.6483	-63.4271	-59.9569	-54.5485	-69.3528
52	-59.4962	-55.7352	-53.4939	-62.2107	-66.4939	-62.1931
53	-59.3705	-57.9594	-56.8487	-67.4825	-72.8801	-60.6743
54	-50.409	-48.7656	-54.3795	-58.3251	-62.1264	-60.9691
55	-62.5959	-56.4384	-56.4107	-60.5587	-52.3015	-56.8139
56	-67.1484	-58.4412	-53.7647	-57.0947	-56.9641	-59.0687

ตัวอักษรที่	ความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O)					
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
57	-59.6246	-59.8944	-64.453	-60.8392	-60.7528	-58.3595
58	-52.6487	-61.3901	-58.9469	-54.5917	-55.7569	-49.8134
59	-59.7086	-61.9233	-64.8921	-63.7337	-63.9459	-65.5355
60	-59.0514	-57.928	-64.0306	-63.6907	-65.2279	-64.5252
61	-62.4363	-67.6658	-62.7538	-59.3295	-62.5371	-58.5295
62	-48.0921	-48.572	-55.1637	-54.0124	-50.2374	-57.8121
63	-60.0337	-58.2951	-73.2229	-69.6222	-60.8098	-65.1468
64	-41.3799	-40.8748	-51.0514	-45.8135	-48.435	-55.5271
65	-43.1045	-46.0315	-55.6534	-50.5232	-60.1264	-50.4787
66	-44.2112	-44.2112	-48.1426	-51.9581	-57.9888	-55.4564
67	-227.04	-227.04	-58.5272	-63.7291	-58.8165	-59.2058
68	-48.4976	-51.0496	-57.9787	-57.3647	-50.4334	-59.3855
69	-53.5906	-52.3438	-68.4142	-61.6395	-59.6426	-59.8106
70	-38.0496	-44.3249	-53.6444	-67.5139	-58.9582	-38.0496
71	-49.964	-46.4272	-50.9033	-54.6484	-56.0869	-55.4103
72	-52.8585	-49.9636	-52.0062	-57.4864	-57.6762	-58.6982
73	-71.5806	-226.57	-60.3907	-62.7843	-61.6766	-54.2652
74	-49.9798	-52.0838	-52.9002	-56.592	-54.4756	-53.3699
75	-43.7677	-43.135	-39.8065	-45.733	-41.3859	-39.5987
76	-54.1647	-57.8862	-58.8057	-60.8446	-56.4851	-57.5338
77	-59.463	-56.262	-58.236	-59.927	-62.9197	-54.4063
78	-52.8971	-55.0711	-55.7962	-61.0556	-58.8447	-54.281
79	-57.3588	-52.7741	-56.0303	-59.9617	-72.7523	-60.0697
80	-47.7523	-44.9402	-53.0593	-50.9525	-52.6975	-57.4974
81	-48.6753	-50.0117	-51.5039	-57.1812	-59.5829	-52.0176
82	-55.5613	-54.9104	-58.9995	-56.6305	-59.7955	-65.5469
83	-146.19	-55.2244	-61.0317	-57.7806	-66.8569	-60.9607
84	-51.3936	-49.0827	-50.6603	-66.53	-52.5677	-54.831
85	-60.2576	-57.027	-53.5544	-59.1752	-62.758	-56.6634
86	-49.2812	-50.4416	-58.4185	-55.2159	-57.4705	-57.4945
87	-44.964	-46.1576	-44.7067	-53.3395	-55.2744	-49.002

ตัวอักษรที่	ความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O)					
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
88	-32.31	-35.4235	-37.9898	-37.9554	-42.8299	-44.03
89	-52.8255	-61.7939	-49.0876	-62.7493	-57.2931	-58.0747
90	-38.3156	-40.5315	-40.6739	-54.1992	-42.7615	-40.9533
91	-54.1644	-53.0125	-61.6723	-60.6649	-57.3875	-48.3442

จากตารางที่ 5.1 ตัวอักษรลำดับที่ 67 (สระ อ่า) แบบที่ 3 – 6 มีค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตสูงและใกล้เคียงกัน ส่วนตัวอักษรแบบที่ 1 และ 2 มีค่าความน่าจะเป็นต่ำ ดังนั้น เมื่อนำเอาข้อมูลแบบที่ 1 หรือ 2 เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทดสอบกระบวนการรู้จำ จะได้ผลลัพธ์ออกมาที่ไม่ใช่สระอ่า จึงได้ร้อยละของอัตราการเรียนรู้จำถูกต้อง 66.67 ส่วนตัวอักษรลำดับอื่นๆ เช่น ลำดับที่ 1 (ตัว ก) มีค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น เมื่อนำข้อมูลแบบอักษรใดๆ เป็นข้อมูลนำเข้า จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตัว ก ทุกตัว จึงทำให้ได้ร้อยละของอัตราการเรียนรู้จำถูกต้องเป็น 100

และเมื่อกำหนดหาค่าร้อยละของอัตราการเรียนรู้จำถูกต้องของตัวอักษรทั้ง 91 ตัวๆ ละ 6 แบบ รวมทั้งสิ้น 546 ตัว จะมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเรียนรู้จำอยู่ที่ 98.9%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย จะเห็นว่า ตัวอักษรบางตัว เช่น ตัวอักษรลำดับ 13 (ตัว ค) และตัวอักษรลำดับที่ 17 (ตัว ท) ของแต่ละหน่วยงานจะเป็นตัวอักษรธรรมตัวเดียว จะมีแบบที่ 6 ที่ออกแบบให้แตกต่างกันในส่วนของหางตัวอักษร ดังนั้น หากนำภาพอักษรลำดับที่ 13 ไปตรวจสอบกับตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ระบบอาจจะบอกว่าเป็นตัวอักษรลำดับที่ 13 หรือ 17 ก็ได้ (ดูผลในตารางที่ 4.2) จึงอาจทำให้สับสนได้ว่า จริงๆ แล้วภาพตัวอักษรที่ป้อนเข้าไป คือตัวอักษรใดกันแน่

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบตัวอักษรอักษรธรรมอีสานลำดับที่ 13 และ 17

อักขระที่	ตัวอักษร	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
13	ท	๑	๑	๑	๑	๑	๑
17	ค	๑	๑	๑	๑	๑	๑

อีกประเด็นหนึ่งที่พบในการวิจัยครั้งนี้ก็คือ ลักษณะการเขียนตัวอักษรที่เป็นการหวัดหาง หรือขมวดหัว ก็จะทำให้ผลการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O) แตกต่างกันไปด้วย ดังในตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบตัวอักษรลำดับที่ 30 (ตัว ย) ที่มีการขมวดส่วนหยักของตัวอักษรต่างกัน จึงมีผลให้ค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตอักขระแบบที่ 2, 5 และ 6 สูงกว่า แบบที่ 1, 3 และ 4

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O) ตัวอักษรลำดับที่ 30

อักขระที่	ตัวอักษร	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6
30	ย	ย	ย	ย	ย	ย	ย
ค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O)		-100.751	-61.5935	-146.161	-103.878	-64.1353	-58.2569

ในการวิจัยนี้พบปัญหาและอุปสรรคหลายส่วนด้วยกัน แต่ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรู้จำโดยตรงส่วนหนึ่งเกิดจากตัวข้อมูลนำเข้าเอง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นอักขระตัวพิมพ์อักษรธรรมอีสานที่หน่วยงานทางสถาบันการศึกษาได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใช้เอง จึงเกิดความหลากหลายของรูปแบบตัวอักษร ทำให้ในขั้นตอนของการสกัดลักษณะเฉพาะไม่สามารถทำได้ถูกต้องดังที่ควรจะเป็น โดยเฉพาะการสกัดลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับหัวของอักขระซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้พัฒนาบางท่านสนใจใส่หัว บางท่านไม่ใส่หัว ซึ่งมีผลให้อัตราการรู้จำของระบบลดลง

5.3. ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการศึกษาค้นคว้าเรื่องอักษรธรรมอีสาน ทำให้พบว่า สถาบันทางการศึกษาหลายแห่งในภาคอีสาน กำลังหันมาให้ความสำคัญกับความเป็นอัตลักษณ์ของชาวอีสาน จึงได้จัดทำฟอนต์แบบอักษรธรรมอีสานขึ้นมาใช้กับระบบคอมพิวเตอร์อยู่หลายแห่ง แต่ถ้าหากมีการกำหนดรูปแบบของตัวอักขระแต่ละตัวให้เป็นที่น่าพอใจและเป็นมาตรฐานเดียวกัน จะทำให้การอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมของชาวอีสานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.2 วิธีการที่ใช้ในการสกัดลักษณะเฉพาะนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการรู้จำแล้วยังมีผลโดยตรงต่อความเร็วของการประมวลผลของระบบรู้จำโดยรวมด้วย ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญในการเลือกวิธีการสกัดลักษณะเฉพาะให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีปรับการกระจายความหนาแน่นของจุดและลดความหนาแน่นของเส้น ก่อนนำไปสกัดเอาคุณลักษณะเฉพาะของตัวอักขระแต่ละตัวออกมา ได้ผลลัพธ์เป็นร้อยละของอัตราการรู้จำที่ถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 98.9 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง “การรู้จำอักขระตัวเขียนภาษาไทยโดยใช้ตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟ” ของสุรศักดิ์ ตั้งสกุล ที่ให้ผลลัพธ์ในการรู้จำตัวอักขระกลุ่มพยัญชนะเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือ ร้อยละ 91.67 สรุปได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปอ้างอิงเพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้อ่านตัวอักษรธรรมอีสานจากใบลานซึ่งเป็นข้อมูลภาพ แปลงเป็นข้อมูลแบบข้อความได้ทันที

5.3.3 ระบบการรู้จำตัวอักขระมีหลายระบบ ซึ่งตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟก็เป็นอีกระบบหนึ่งที่นักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจและนำมาใช้กับกระบวนการรู้จำตัวอักขระ เนื่องจากได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

5.3.4 นักวิจัยท่านอื่นๆ สามารถนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้อ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาโปรแกรมอ่านภาพอักษรอักษรธรรมอีสานที่จารึกบนใบลานได้ต่อไป

5.3.5 หน่วยงานรัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจในการจัดทำฟอนต์หรือแบบอักษรธรรมอีสานที่เป็นมาตรฐานขึ้นมา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในกระบวนการรู้จำที่มีประสิทธิภาพ และมีผลงานวิจัยใหม่ๆ เกี่ยวกับการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำภาษาท้องถิ่นโบราณมาประยุกต์ใช้กับระบบงานพิมพ์บนคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นอนุรักษ์มรดกและภูมิปัญญาของบรรพบุรุษสืบต่อไป