

# Handré: An Experimental Approach to Intelligent Character/Word Recognition using Support Vector Machines & Dynamic Time Warping

Sang Woo Jun  
wjun@mit.edu

Chong-U Lim  
culim@mit.edu

December 5, 2011

## 1 Introduction

## 2 Segmentation

### 2.1 Word Segmentation

#### 2.1.1 Time-series Segmentation

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 2.2 Character Segmentation

### 2.2.1 Supervised methods

Hand-labeled Training Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 2.2.2 Unsupervised methods

Pixel Analysis Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 2.2.3 Hybrid approach

Hand-labeled and Pixel Analysis Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci

ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 3 Recognition

### 3.1 Using Multi-class Support Vector Classifiers

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 3.2 K-means Clustering using Dynamic Time-Warping

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 3.3 Probabilistic Dictionary Word Modeling

### 3.4 Combining Approaches

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 4 Experiments

### 4.1 Multi-class Support SVCs

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 4.2 K-means Clustering using DTW

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed

accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### **4.3 Combined Character recognition**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### **4.4 Combined Word recognition**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 5 Analysis

### 5.1 Multi-class Support SVCs

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 5.2 K-means Clustering using DTW

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

### 5.3 Combined Character recognition

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor

id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 5.4 Combined Word recognition

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

# 6 Conclusions & Future Work

## 6.1 Conclusions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## 6.2 Future Work

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque posuere molestie metus. Suspendisse tellus urna, porta sit amet rutrum eu, tristique quis urna. Donec varius pharetra purus, eget mollis tortor ornare vel. Nullam sagittis tellus id dui placerat eget congue libero

facilisis. Donec mattis sagittis lectus, eget porta quam facilisis vel. Vestibulum non urna ante, nec mattis mauris. Nulla sit amet interdum eros. Nam congue lacinia nulla, vitae aliquet nisl tincidunt vel. Morbi gravida bibendum ipsum, at accumsan nisl suscipit ac. Sed accumsan cursus tortor a faucibus. Phasellus tempus, orci ac lacinia hendrerit, dui justo accumsan mi, congue dapibus massa turpis at lectus. Cras a tellus nisi. Aliquam vitae dolor id nunc lacinia fermentum et sit amet metus. Nullam viverra ante eu mauris ultrices nec adipiscing lectus dapibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nam mollis commodo lacus, eget bibendum risus lobortis nec.

## **7 Acknowledgements**

We would like to thank Dahua Lin for reviewing our initial project proposal, and subsequently taking time out of his busy schedule to meet with us and provide guidance, ideas and tips on approaches to the project. Also, we thank Prof. Leslie Kaelbling for imparting her wisdom and stimulating our enthusiasm in the topics of machine learning.

### **A Data & Results**

### **B Initial Project Timeline**

### **C Division of Labor**