

Klasifikasi Tulisan Tangan Menggunakan Multi Layer Perceptron

Kelompok **Kosong(0)**

Laila Mauhibah - 1206208536
Pandhu Hutomo Aditya - 1206277426
Rifqi Al Fatih - 1206243476
Roland Raymond Dino - 1206249265
Thirafi Dide - 1206240814

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia

June 15, 2015

Abstrak

Klasifikasi merupakan masalah yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran tentang klasifikasi juga mulai dikembangkan dalam dunia IT. Fokus pembelajaran *Data Mining* dalam *machine learning* adalah klasifikasi, *clustering*, regresi dan lain-lain. Dalam *paper* ini kita akan menggunakan metode *Multi-layer Perceptron* untuk melakukan penelitian terhadap *Digit Recognizer*. Dalam masalah *Digit Recognizer* ini dideskripsikan bahwa sebuah kantor pos ingin mengirim surat secara otomatis berdasarkan kode pos. Lalu dikumpulkan sebuah data yang berisi 10000 tulisan tangan berupa angka. Setiap data memiliki label yang menandakan sebuah angka, dan 256 piksel dari angka tulisan tangan. *Multi-layer Perceptron* digunakan untuk mengenali tulisan tangan yang terdapat pada kode pos tersebut.

Kata Kunci - *Neural Network, Digit Recognizer, Multilayer Perceptron*

Kontribusi Kelompok

Nama	Pekerjaan	Persentase
Laila Mauhibah	Deskripsi Masalah, Motivasi, dan Paper Terkait	20%
Pandhu Hutomo Aditya	Kelebihan dan Kekurangan, Kesimpulan	20%
Rifqi Al Fatih	Implementasi, Modifikasi Tools	20%
Roland Raymond Dino	Pendekatan, Metodologi, Algoritma	20%
Thirafi Dide	Eksperimen dan Analisa	20%

Daftar Isi

1	Deskripsi Masalah	4
1.1	Motivasi	4
1.2	Deskripsi Masalah	4
1.3	Related Work	4
2	Pendekatan	4
2.1	Metodologi	5
2.2	Algoritma	7
3	Implementasi	8
4	Eksperimen	8
4.1	Persiapan Eksperimen	8
4.2	Skema Perbandingan	8
4.3	Skema Perbandingan	9
4.4	Hasil dan Analisis	9
5	Kelebihan dan Kekurangan	9
6	Kesimpulan	10
6.1	Ringkasan	10
6.2	Arahan Kedapan	11
7	Appendix	12
7.1	Data sets	12
7.2	Source Codes	12
7.3	Implementation Guidelines	12

1 Deskripsi Masalah

1.1 Motivasi

Banyaknya surat yang dikirim setiap harinya membuat kantor pos dituntut untuk mengirimkan surat-surat tersebut sesuai dengan kode pos yang ada. Pengelompokan surat berdasarkan kode pos secara manual tentunya akan memakan banyak waktu. Oleh karena itu perlu dilakukan pendekatan lain yang lebih efektif. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode *Multilayer Perceptron* dalam *neural network* untuk *handwritten* (dalam hal ini digit) *recognition* serta *machine learning*.

1.2 Deskripsi Masalah

Dalam percobaan kali ini masalah-masalah yang akan kami bahas antara lain:

1. Metode Multilayer Perceptron dalam Neural Network untuk *digit recognition*
2. Parameter yang berpengaruh dalam *digit recognition*

1.3 Related Work

Sebelumnya Violeta Sandu dan Florin Leon telah melakukan penelitian mengenai *digit recognition* dalam *paper* yang berjudul "Recognition of Handwritten Digits Using Multilayer Perceptrons". Dalam penelitiannya Violeta Sandu dan Florin Leon menggabungkan metode optimasi berbeda untuk membangun dan melatih *neural network* seperti *Discrete Cosine Transform*, *Zig-zag sorting*, *adaptive learning rate*.

2 Pendekatan

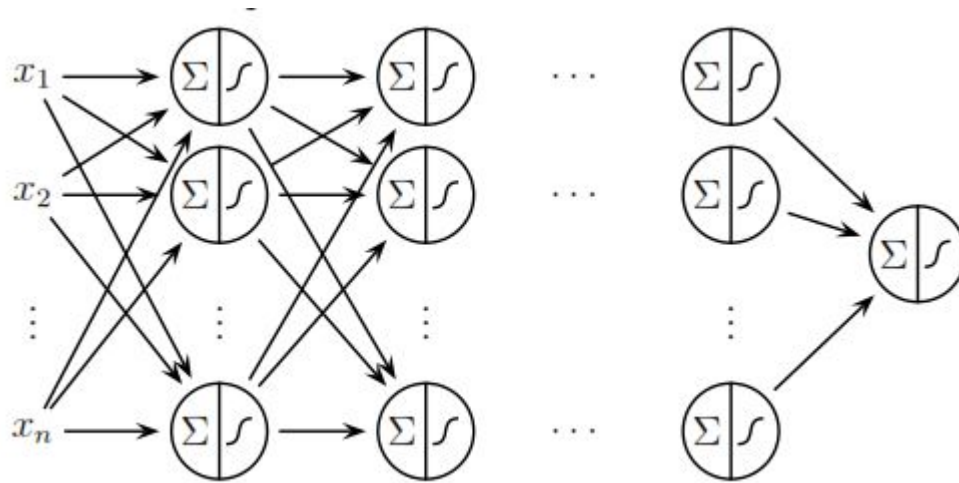
Neural Network merupakan suatu metode pembelajaran yang menggunakan pemodelan syaraf otak (jaringan syaraf tiruan). Motivasi sesungguhnya dalam pengembangan *Artificial Neural Networks* (ANNs) adalah untuk memodelkan proses pengamatan hewan dan manusia secara kognitif. Banyak pengaplikasian ANNs yang menunjukkan bahwa pendekatan ini sangat berguna, meskipun hal ini juga membuat kita mengetahui bahwa terdapat beberapa permasalahan yang dapat dipecahkan oleh ANNs dan masalah yang tidak dapat dipecahkan oleh ANNs.

Dalam *paper* ini kita akan menggunakan metode *Multi-layer Perceptron* untuk melakukan penelitian terhadap *Digit Recognizer*. Dalam masalah *Digit Recognizer* ini dideskripsikan bahwa sebuah kantor pos ingin mengirim surat secara otomatis berdasarkan kode pos. Lalu dikumpulkan sebuah data yang berisi

10000 tulisan tangan berupa angka. Setiap data memiliki label yang menandakan sebuah angka, dan 256 piksel dari angka tulisan tangan. *Multi-layer Perceptron* digunakan untuk mengenali tulisan tangan yang terdapat pada kode pos tersebut.

2.1 Metodologi

Multi-layer Perceptron (MLP) merupakan model yang sangat sederhana dari *biological neural networks* dan didasarkan pada prinsip *feed-forward-flow* yang berarti informasi yang ada hanya mengalir dari satu *layer* ke *layer* yang lainnya. MLP terdiri dari banyaknya *layer* dalam grafik dimana setiap *layer* saling berhubungan satu sama lain. Kecuali untuk *layer* input, setiap *layer* merupakan sebuah *neuron* (atau elemen yang akan diproses) dengan fungsi aktivasi non linear. MLP menggunakan teknik pembelajaran yang disebut dengan *back-propagation* untuk melatih jaringan. MLP merupakan modifikasi dari *standard linear perceptron* yang dapat membedakan data dimana data tersebut tidak terpisah secara linear. *Layer* yang terdapat pada input dan output disebut *hidden layer*. Dari sudut pandang teoretis, kita tidak perlu mempertimbangkan lebih dari satu unit output karena dua atau lebih unit output dapat dihasilkan dari dua atau lebih MLP secara paralel. Namun, jika terdapat output yang saling berhubungan maka dimungkinkan untuk mencapai hasil yang sama dengan nilai *hidden units* yang kecil. Berikut ini merupakan ilustrasi dari proses input dan output dari MLP



Gambar 1. Multi-layer Perceptron

Jika MLP memiliki fungsi aktivasi linear di semua *neuron*, yaitu fungsi yang memetakan *weighted input* untuk *output* di setiap *neuron*, maka dengan mudah dibuktikan dengan aljabar linear. Pada dasarnya perhitungan pada standar *perceptron* dihitung dengan fungsi yang tidak kontinyu sebagai berikut

$$\vec{x} \mapsto f_{step}(w_0 + \langle \vec{w}, \vec{x} \rangle)$$

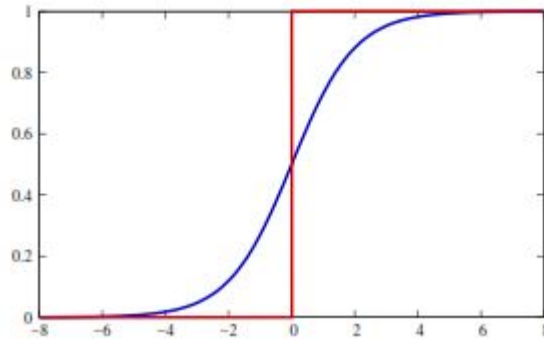
tetapi karena beberapa alasan, *neuron* pada MLP menghitungnya dengan varian yang sudah dirapikan seperti berikut

$$\vec{x} \mapsto f_{log}(w_0 + \langle \vec{w}, \vec{x} \rangle)$$

dengan

$$f_{log}(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Maka akan terdapat perbedaan antara perhitungan yang dilakukan oleh *standard perceptron* dengan perhitungan yang sudah dimodifikasi dengan MLP sebagai berikut



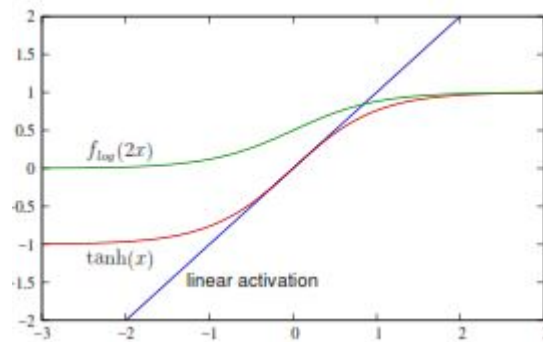
Gambar 2. Perbedaan fungsi step dan sigmoid

Flog sering disebut dengan *logistic function*. *Logistic function* ini merupakan fungsi yang *hyperbolic tangent* dan memiliki *range* diantara 0 sampai 1.

Neuron dengan *logistic activation* hanya dapat mengeluarkan output diantara 0 dan 1. Untuk mendapatkan output dengan jarak yang lebih besar maka kita dapat menggunakan *neuron* dengan *tanh activation*

$$a_i = \tanh(net_i) = \frac{e_i^{net} - e^{-net_i}}{e_i^{net} + e^{-net_i}}$$

maka didapatkan grafik perbedaan antara *linear activation* dengan *tanh activation*



Gambar 3. Perbedaan fungsi linear, logistik dan tanh

Perhitungan jaringan output mirip dengan kasus aktivasi logistik tetapi *range* yang dihasilkan lebih besar yaitu antara -1 dan 1.

2.2 Algoritma

Berikut ini merupakan algoritma yang digunakan oleh *Multi-layer Perceptron*

algorithm (forward pass):

Require: pattern \vec{x} , MLP, enumeration of all neurons in topological order

Ensure: calculate output of MLP

```

1: for all input neurons  $i$  do
2:   set  $a_i \leftarrow x_i$ 
3: end for
4: for all hidden and output neurons  $i$  in topological order do
5:   set  $net_i \leftarrow w_{i0} + \sum_{j \in Pred(i)} w_{ij} a_j$ 
6:   set  $a_i \leftarrow f_{log}(net_i)$ 
7: end for
8: for all output neurons  $i$  do
9:   assemble  $a_i$  in output vector  $\vec{y}$ 
10: end for
11: return  $\vec{y}$ 

```

Gambar 4. MLP Pseudocode

3 Implementasi

Implementasi program dibagi menjadi beberapa bagian, terdapat kelas untuk mengolah data input, membangun model multilayer perceptron (MLP), dan tools MLP.java yang berisi abstraksi MLP.

Pada bagian yang mengolah data input, program membaca file .csv dan melakukan seleksi terhadap kolom-kolom yang digunakan saja (*dimension reduction*). Kolom-kolom yang nilainya sama untuk setiap baris dihapus pada proses ini.

Tools yang berisi abstraksi MLP terdapat pada file MLP.java bersumber pada <http://physionet.org/challenge/2010/sources/Luiz-Silva/MLP.java>.

Kelas untuk membangun model MLP, diimplementasi pada Tester.java. Kelas ini menerima argumen jumlah *hidden layer* dan *learning rate* yang digunakan untuk membangun model MLP. Kedua argumen ini juga yang nantinya digunakan pada eksperimen untuk membangun model MLP.

4 Eksperimen

4.1 Persiapan Eksperimen

Eksperimen akan menggunakan Multilayer Perceptron yang telah diimplementasi, serta menggunakan dataset yang diberikan dari scele. Dataset terdiri dari 10.000 data dan 785 atribut, dengan atribut pertama adalah label, berisi angka 0-9, dan 784 atribut merepresentasikan *pixel* dari gambar tulisan tangan label tersebut. Setiap *pixel* berisi angka 0-255, merupakan gradasi putih (0) hingga hitam (255). Sebelum digunakan, dimensi data direduksi dengan menghapus atribut yang memiliki nilai yang sama di setiap data. Hasil pengolahan menghapus 109 atribut dan menyisakan 676 atribut.

Implementasi MLP yang digunakan akan menerima 675 input piksel, dan mengeluarkan 10 output yang merepresentasikan label. Input dan Output MLP adalah bilangan riil antara 0 hingga 1, sehingga dataset dinormalisasi menjadi bilangan antara 0 hingga 1. Atribut label dibagi menjadi 10, menjadi label_0 hingga label_9, yang berisi 0 atau 1. Atribut piksel dinormalisasi dengan cara membaginya dengan 255.

4.2 Skema Perbandingan

Eksperimen akan dilakukan dengan membandingkan banyaknya unit di *hidden layer* dan dampaknya terhadap *error* hasil learning Multilayer Perceptron. Perbandingan akan dilakukan dengan menggunakan model *Exhaustive leave-one-out cross-validation* (LOOCV). Sebanyak 10.000 data akan dibagi menjadi 10 partisi dengan masing-masing 1.000 data, dan untuk setiap partisi akan menjadi data testing dan sisanya menjadi data training. Error hasil learning untuk setiap partisi akan dirata-rata.

4.3 Skema Perbandingan

Eksperimen akan dilakukan dengan membandingkan banyaknya unit di *hidden layer* dan dampaknya terhadap unit

4.4 Hasil dan Analisis

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5 Kelebihan dan Kekurangan

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum.

Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

6 Kesimpulan

6.1 Ringkasan

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida

mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.2 Arahan Kedapan

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

pros dapat memecahkan masalah yang kompleks, nonlinear dapat beradaptasi dengan beberapa jenis training data

cons sulit diimplementasi dan diinterpretasi tersedia software yang menyediakan built-in solusi. sulit menentukan aritektur dari jaringan banyaknya layer banyaknya node pada layer tergantung kepada kompleksitas dari input dan output mapping. terlalu sedikit backpropagation algorithm gagal menuju konvergen minimum saat training terlalu banyak overfitting hasil training data dan performa generalisasi buruk kompleksitas backpropagation tinggi (curse of dimensionality) jika dimensi data bertambah, maka jumlah data training yang diperlukan juga signifikan bertambah

7 Appendix

7.1 Data sets

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.2 Source Codes

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.3 Implementation Guidelines

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.