

**PERAMALAN ISYARAT SATELIT MENGGUNAKAN  
KAEDAH RANGKAIAN NEURAL**

**Oleh**

**Nur Farhan Kahar**

**Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRONIK)**

**Pusat Pengajian Kejuruteraan  
Elektrik dan Elektronik  
Universiti Sains Malaysia**

**Mei 2006**

## ABSTRAK

Sistem komunikasi satelit merupakan satu kaedah perhubungan yang sangat penting serta digunakan dengan meluas pada hari ini. Melalui sistem komunikasi ini, kita mampu berhubung dengan mana-mana lokasi diseluruh dunia kerana tahap capaian yang tinggi dalam sistem ini. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kekangan yang boleh menyebabkan gangguan kepada komunikasi satelit. Di antara faktor-faktor penyebab gangguan ini adalah keadaan cuaca yang tidak menentu seperti hujan, kelembapan udara yang tinggi, suhu persekitaran serta kelajuan angin. Oleh itu, di dalam projek ini kajian telah dijalankan terhadap faktor-faktor di atas untuk membentuk satu sistem pintar yang dapat menyelesaikan masalah ini. Rangkaian neural yang mengaplikasikan prinsip kepintaran buatan merupakan kaedah terbaik untuk digunakan. Sistem rangkaian neural yang direkabentuk di dalam projek ini mampu membuat peramalan yang tepat terhadap mutu penerimaan isyarat satelit berdasarkan keadaan cuaca. Tujuan sistem ini dihasilkan adalah supaya isyarat satelit yang dipancarkan daripada angkasa lepas dapat dikuatkan sekiranya sistem mengenalpasti kewujudan gangguan seperti hujan dalam laluan perambatan gelombang untuk sampai ke stesen penerima. Ini dapat mengelakkan berlakunya gangguan komunikasi dalam sistem perhubungan satelit walaupun dalam keadaan cuaca yang tidak menentu. Kajian ini telah menghasilkan satu sistem rangkaian neural yang mempunyai 91.7% ketepatan melalui penggunaan algoritma Bayesian Regularization. Oleh itu, sistem ini mampu membuat penganggaran yang hampir tepat dan meyakinkan. Analisis regresi juga dilakukan terhadap data-data yang digunakan. Hasil analisis menunjukkan bahawa faktor hujan dan kelajuan angin merupakan faktor utama dan memberi impak yang paling besar terhadap mutu isyarat satelit yang diterima. Kesimpulannya, kajian yang dijalankan ini telah mencapai objektif yang disasarkan iaitu membentuk satu penyelesaian yang pintar dan berkesan dalam menangani masalah sistem komunikasi satelit.

## **ABSTRACT**

Satellite communication system is one of the communication methods that are very important and widely used nowadays. Throughout this communication system, we are able to communicate at any location all over the world because of its high capabilities. However there are certain factors that can be interfering with the satellite communication systems. One of the causing factors is the volatile weather condition such as rain, high level of humidity, temperature and wind speed. Thus, in this project, research for all causes above has been done in order to produce a smarter system that can solve this problem. The principal of artificial intelligence that has been applied in neural network is the best and practical solution method to be used. The neural network system that has been design in this project is able to make an accurate prediction in the quality of received signal based on weather condition. The objective for designing this system can be explained in the following example. If the system detects rain that causes interference in the wave transmission path, a signal will be sent to the satellite to amplify the transmitting signal. This can prevent communication interference in the satellite communication even in an unpredictable weather condition. This project has produced a neural network system that achieves 91.7% accuracy through the use of Bayesian Regularization algorithm. Thus, we can say that the system is able to make an accurate and convincing estimation. Regression analyses are also done to all the data that has been used. The analysis shows that rain and wind speed are the main factor, and gave the biggest impact to the quality of received satellite signal. As a conclusion, the completed project has achieved its objective that is to produce a smart and effective solution in solving problems for the satellite communication systems.

## PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W., kaum keluarga serta para sahabat. Saya amat bersyukur ke hadrat Allah S.W.T. kerana dengan limpah kurnia-Nya saya telah berjaya menyiapkan Laporan Projek Tahun Akhir ini tanpa sebarang masalah.

Di kesempatan ini saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang turut serta membantu dan memberi pertolongan sepanjang proses menyiapkan laporan ini. Ucapan terima kasih diucapkan kepada penyelia projek saya, En. Aeizal Azman b. Abdul Wahab kerana telah banyak memberi tunjuk ajar, panduan serta memberi kemudahan dan kerjasama yang baik kepada saya setiap kali saya ingin berurusan dengan beliau.

Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Dr. Junita bt. Mohd. Salleh kerana tanpa bimbingan dan tunjuk ajar daripada beliau, sudah tentu saya akan mengalami kesukaran dalam mempelajari Rangkaian Neural, yang merupakan sesuatu yang baru bagi saya. Terima kasih di atas kesabaran dan kesudian Dr. menjawab pertanyaan dan melayan kerenah saya.

Tidak dilupakan, ucapan terima kasih juga ditujukan kepada En. Abdul Latip bin Abdul Hamid, Juruteknik Makmal RF yang telah banyak membantu saya dalam pengumpulan data serta berkongsi pengalaman dan maklumat dengan saya. Juga kepada Prof. Syed Idris b. Syed Hassan selaku penolong penyelia, yang turut sama memberi bimbingan di dalam pelaksanaan projek ini.

Buat ahli keluarga tersayang, ayah, emak, abang dan adik-adik yang sentiasa memberi sokongan dan inspirasi kepada saya, jasa kalian tidak mungkin saya lupakan. Akhir kata, buat semua rakan-rakan seperjuangan serta individu-individu yang telah banyak menghulurkan bantuan secara langsung dan tidak langsung, namun tidak disebutkan di sini, ucapan terima kasih yang tidak terhingga diucapkan. Budi baik kalian akan sentiasa diingati dan hanya Allah S.W.T. jua yang akan membalas dengan rahmat-Nya. Sekian, terima kasih.

Nur Farhan Kahar

# ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PENGHARGAAN	iv
ISI KANDUNGAN	v
SENARAI GAMBARAJAH	viii
SENARAI JADUAL	ix
<b>BAB 1</b>	<b>PENGENALAN</b>
1.1	Pendahuluan ..... 1
1.2	Objektif Kajian ..... 2
1.3	Panduan Tesis ..... 3
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>
2.1	Pengenalan ..... 5
2.2	Sistem Komunikasi Satelit ..... 5
2.2.1	Asas Sistem Satelit ..... 7
2.2.2	Perambatan Isyarat Satelit ..... 8
2.3	Rangkaian Neural Buatan ..... 11
2.3.1	Sejarah Rangkaian Neural Buatan ..... 12
2.3.2	Perbandingan Rangkaian Neural Buatan dan Otak Manusia ..... 13
2.3.3	Komponen-komponen Asas Rangkaian Neural Buatan ..... 14
2.3.4	Jenis-jenis Senibina dan Algoritma Pembelajaran ..... 17
2.4	Analisis Statistik Data ..... 18
2.4.1	Histogram ..... 19
2.4.2	Plot Kebarangkalian ..... 19
2.5	Rangkaian Suap Balik ..... 20
2.5.1	Kaedah Pengenalaran (Regularization) ..... 21
2.5.2	Pengenalaran Automatik Menggunakan BR ... 22

2.6	Analisis Regresi .....	23
2.6.1	Kaedah Regresi Berganda .....	24
2.6.2	Kaedah Regresi Berlangkah .....	26
<b>BAB 3</b>	<b>KAEDAH IMPLEMENTASI</b>	
3.1	Pengenalan .....	27
3.2	Peralatan .....	27
3.2.1	Alat Cerapan Kajisukat .....	28
3.2.2	Tolok Hujan .....	29
3.2.3	Penerima Isyarat Satelit dan Pengawas Aras Beacon .....	31
3.3	Paparan Data .....	31
3.4	Graf Perbandingan Data .....	33
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN</b>	
4.1	Pengenalan .....	36
4.2	Keputusan Analisis Statistik Data .....	36
4.2.1	Histogram .....	36
4.2.1.1	Perbincangan .....	38
4.2.2	Plot Kebarangkalian .....	39
4.2.2.1	Perbincangan .....	41
4.3	Keputusan Bilangan Nod Tersembunyi Terbaik .....	42
4.3.1	Kaedah Pemberhentian Pengesahan .....	42
4.3.2	Kaedah Pemberhentian Menggunakan Parameter $\mu$ .....	46
4.4	Keputusan Analisis Regresi Berganda .....	50
4.4.1	Perbincangan .....	52
4.4.2	Analisis Graf Keluaran .....	53
4.5	Keputusan Analisis Regresi Berlangkah .....	53
4.5.1	Perbincangan .....	54

**BAB 5 KESIMPULAN**

5.1	Ringkasan Projek .....	56
5.2	Masalah .....	57
5.3	Cadangan .....	58

**LAMPIRAN A : ATURCARA RANGKAIAN NEURAL MENGGUNAKAN ALGORITMA BAYESIAN REGULARIZATION DENGAN KAEDAH PEMBERHENTIAN PARAMETER MU**

**LAMPIRAN B : ATURCARA RANGKAIAN NEURAL MENGGUNAKAN ALGORITMA BAYESIAN REGULARIZATION DENGAN KAEDAH PEMBERHENTIAN PENGESAHAN**

## SENARAI GAMBARAJAH

- Rajah 2.1 Penggunaan sistem satelit dalam kehidupan harian
- Rajah 2.2 Sistem satelit
- Rajah 2.3 Rangkaian AI3
- Rajah 2.4 Komponen-komponen neuron
- Rajah 2.5 Proses sinaps
- Rajah 2.6 Komponen-komponen asas Rangkaian Neural Buatan
- Rajah 2.7 Contoh rangkaian suap depan yang mudah
- Rajah 3.1 Alat Cerapan Kajisukat yang digunakan untuk menyukat kelembapan udara, arah dan kelajuan angin serta suhu persekitaran
- Rajah 3.2 Tolok Hujan Timba Jongket Automatik
- Rajah 3.3 Tolok Hujan Timba Jongket Manual
- Rajah 3.4 Penerima Isyarat Satelit dan Pengawas Aras Beacon
- Rajah 3.5 Peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengambil data bagi kajian pelemahan isyarat satelit
- Rajah 3.6 Paparan data Beacon bagi tarikh 17 Januari 1999 menggunakan program Kisyo
- Rajah 3.7 Graf bacaan Beacon melawan taburan hujan
- Rajah 3.8 Graf bacaan Beacon melawan kelembapan udara
- Rajah 3.9 Graf bacaan Beacon melawan suhu
- Rajah 3.10 Graf bacaan Beacon melawan kelajuan angin
- Rajah 4.1 Histogram bagi parameter suhu dan bacaan analisis statistiknya
- Rajah 4.2 Histogram bagi parameter kelembapan udara dan bacaan analisis statistiknya
- Rajah 4.3 Histogram bagi parameter hujan dan bacaan analisis statistiknya
- Rajah 4.4 Histogram bagi parameter kelajuan angin dan bacaan analisis statistiknya
- Rajah 4.5 Histogram bagi parameter Beacon dan bacaan analisis statistiknya
- Rajah 4.6 Plot kebarangkalian bagi parameter suhu
- Rajah 4.7 Plot kebarangkalian bagi parameter kelembapan udara
- Rajah 4.8 Plot kebarangkalian bagi parameter hujan
- Rajah 4.9 Plot kebarangkalian bagi parameter kelajuan angin
- Rajah 4.10 Plot kebarangkalian bagi parameter Beacon



- Rajah 4.11 Graf nilai minimum hasil tambah kuasa dua ralat bagi 18 bilangan nod tersembunyi
- Rajah 4.12 Plot penyerakan hasil analisis regresi rangkaian menggunakan kaedah pemberhentian pengesahan
- Rajah 4.13 Graf hasil tambah kuasa dua ralat bagi 12 bilangan nod tersembunyi
- Rajah 4.14 Plot penyerakan hasil analisis regresi rangkaian menggunakan kaedah pemberhentian menggunakan parameter  $\mu$
- Rajah 4.15 Histogram bagi nilai residual
- Rajah 4.16 Plot kebarangkalian normal bagi nilai residual
- Rajah 4.17 Plot nilai residual melawan nilai padanan

## SENARAI JADUAL

- Jadual 2.1 Nama-nama penyelidik dan sumbangan mereka dalam bidang Rangkaian Neural Buatan
- Jadual 4.1 Bacaan nilai minimum hasil tambah kuasa dua ralat bagi setiap bilangan nod tersembunyi
- Jadual 4.2 Bacaan hasil tambah kuasa dua ralat bagi setiap bilangan nod tersembunyi

# **BAB 1 : PENGENALAN**

## **1.1 Pendahuluan**

Sistem komunikasi satelit menggunakan stesen bumi untuk berhubung dengan satelit yang terdapat pada orbit sekeliling bumi. Sistem komunikasi ini menggunakan gelombang mikro sebagai medium untuk penghantaran data. Walau bagaimanapun, beberapa masalah timbul dalam proses penghantaran data melalui media tanpa dawai ini. Sebagai contoh, penghantaran data melalui sistem gelombang mikro memerlukan garis pandangan yang tidak diganggu oleh halangan seperti bangunan dan pokok-pokok. Tambahan pula, kuasa isyarat media tanpa dawai mungkin diganggu oleh fenomena atmosfera seperti hujan, kabus dan angin yang menyebabkan sistem pemancar dan penerima tidak berfungsi secara berkesan.

Kajian ini bertujuan untuk meramal isyarat gelombang mikro yang diterima oleh stesen penerima satelit sekiranya wujud beberapa faktor gangguan seperti suhu, kelembapan udara, hujan dan kelajuan angin. Dalam kajian ini, data suhu, kelembapan udara, hujan, kelajuan angin dan penerimaan isyarat satelit akibat fenomena-fenomena atmosfera ini telah digunakan untuk membuat peramalan. Data ini dilatih dan diuji menggunakan rangkaian neural buatan. Hasilnya, sistem yang diperolehi berupaya meramal tahap penerimaan isyarat satelit pada keadaan cuaca yang berbeza. Seterusnya, hasil keluaran yang diperolehi menggunakan kaedah rangkaian neural dibandingkan dengan hasil yang diperolehi menggunakan kaedah regresi untuk mengesahkan keluaran tersebut.

Salah satu kegunaan kajian ini adalah untuk mengetahui secara terperinci mutu penerimaan isyarat satelit ketika cuaca buruk. Sebagai contoh, ketika hujan lebat, isyarat satelit yang diterima oleh stesen bumi akan menjadi lemah disebabkan gangguan dalam proses transmisi. Ini kerana, isyarat gelombang yang dipancarkan akan mengalami penyukaran untuk melepasi jaringan hujan yang lebat. Oleh itu, individu yang menggunakan sistem satelit ketika hujan lebat akan menghadapi masalah gangguan perhubungan, gangguan transmisi audio dan video atau boleh mengakibatkan terputus talian. Oleh itu, dengan menjalankan kajian ini, mutu isyarat yang diterima ketika hujan lebat dapat dikenalpasti, seterusnya langkah-langkah penyelesaian boleh dilakukan seperti menguatkan kuasa isyarat penghantaran ketika cuaca buruk agar tiada gangguan transmisi berlaku.

Perisian MATLAB digunakan dalam menjalankan kajian ini. Program Rangkaian Neural Buatan bagi perisian MATLAB lebih mudah digunakan serta mesra pengguna. Nota-nota serta contoh yang diberikan membantu mempelajari program ini dengan lebih mudah dan cepat. Perisian-perisian lain yang turut digunakan di dalam kajian ini adalah MiniTab dan program Kisyo. Huraian bagi program-program ini akan diberikan dalam bab-bab yang seterusnya agar gambaran yang lebih jelas tentang penggunaannya diperolehi.

## **1.2 Objektif Kajian**

Kajian ini dilakukan terhadap empat faktor utama yang menyebabkan gangguan transmisi isyarat satelit iaitu suhu, kelembapan udara, hujan dan kelajuan angin. Objektif utama projek ini dijalankan adalah untuk menghasilkan satu sistem rangkaian

neural yang mampu membuat peramalan yang tepat terhadap penerimaan isyarat satelit dalam keadaan cuaca yang berbeza-beza.

### **1.3 Panduan Tesis**

Tesis ini dibahagikan kepada lima bab yang terdiri daripada bab pengenalan, kajian ilmiah, kaedah implementasi, keputusan, dan kesimpulan.

Bab 1 memberikan penerangan secara ringkas mengenai kajian yang telah dijalankan serta tujuan projek ini dijalankan, untuk memberikan gambaran kasar tentang projek.

Bab seterusnya iaitu bahagian kajian ilmiah memberikan maklumat-maklumat mengenai setiap bahagian yang terlibat dalam projek ini. Ini penting bagi membantu memahami kajian yang dijalankan. Dalam bab ini, perkara yang akan dibincangkan adalah mengenai sistem komunikasi satelit, rangkaian neural buatan, analisis statistik dan analisis regresi data serta penggunaan rangkaian suap balik untuk menjalankan proses peramalan.

Bab 3 pula memberikan penerangan yang lebih terperinci mengenai kaedah pengumpulan data, perkakasan yang digunakan dalam pengumpulan data, cara-cara mengekstrak data, paparan data serta sedikit ulasan mengenai data-data yang digunakan.

Keputusan yang diperolehi hasil dari kajian yang telah dijalankan dimuatkan dalam bab 4. Keputusan ini disusuli dengan analisis serta perbincangan yang terperinci.

Bab terakhir, yaitu bab 5 memuatkan kesimpulan terhadap projek yang telah dijalankan, masalah-masalah yang dihadapi serta cadangan kajian masa depan yang boleh dilakukan terhadap projek ini. Aturcara MATLAB yang digunakan dalam projek ini disertakan pada bahagian lampiran.

## **BAB 2 : KAJIAN ILMIAH**

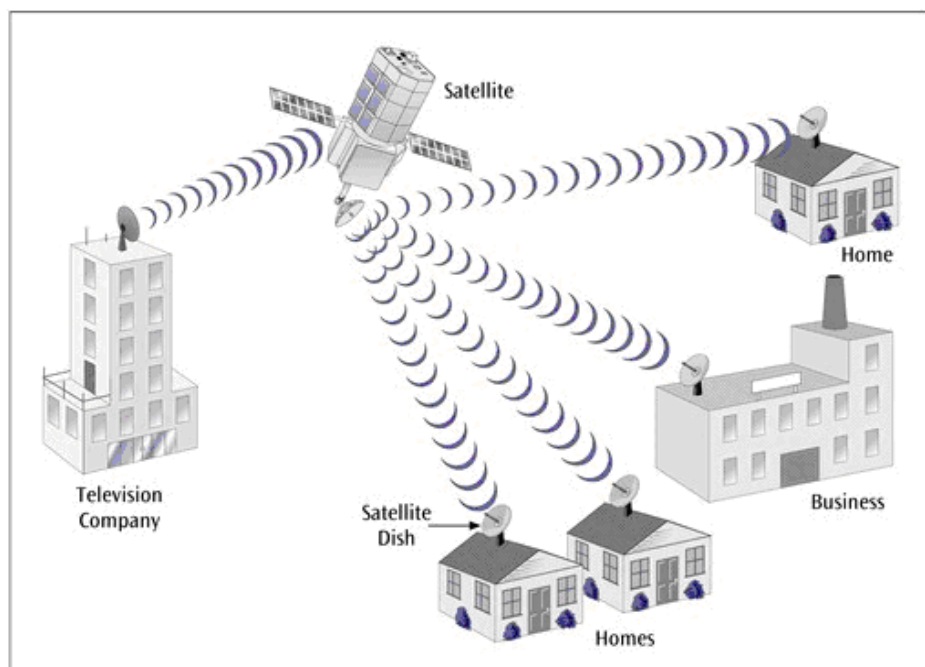
### **2.1 Pengenalan**

Bab ini akan memberikan huraian yang terperinci mengenai tajuk projek iaitu ‘Peramalan Isyarat Satelit Menggunakan Kaedah Rangkaian Neural’ dan kaedah-kaedah yang digunakan untuk menjalankan kajian ini. Huraian tajuk dimulakan dengan penerangan tentang sistem komunikasi satelit. Seterusnya, penerangan tentang rangkaian neural buatan, latar belakang, komponen-komponen asas dan lain-lain maklumat mengenai rangkaian neural buatan diperjelaskan. Huraian diteruskan lagi dengan kaedah analisis statistik data, rangkaian suap balik menggunakan algoritma *Bayesian Regularization* dan kaedah analisis regresi.

### **2.2 Sistem Komunikasi Satelit**

Satelit merupakan satu media perhubungan yang mempunyai potensi yang amat luas. Pada masa ini, ia digunakan bagi tujuan perhubungan dalam negeri dan antarabangsa, ramalan kajicuaca, ketenteraan, penyiaran, pemindahan wang, pengumpulan dan penyebaran data, persidangan maya, pengesanan dan penentuan lokasi sedunia. Satelit seakan-akan berfungsi sebagai kabel di ruang angkasa yang digunakan dalam perhubungan jarak jauh dan rangkaian komputer sedunia. Secara ringkasnya, satelit berfungsi sebagai pemantul isyarat radio yang menerima isyarat dari stesen Bumi, menguatkan isyarat tersebut dan seterusnya memancarkan isyarat itu kembali ke stesen lain di muka Bumi.

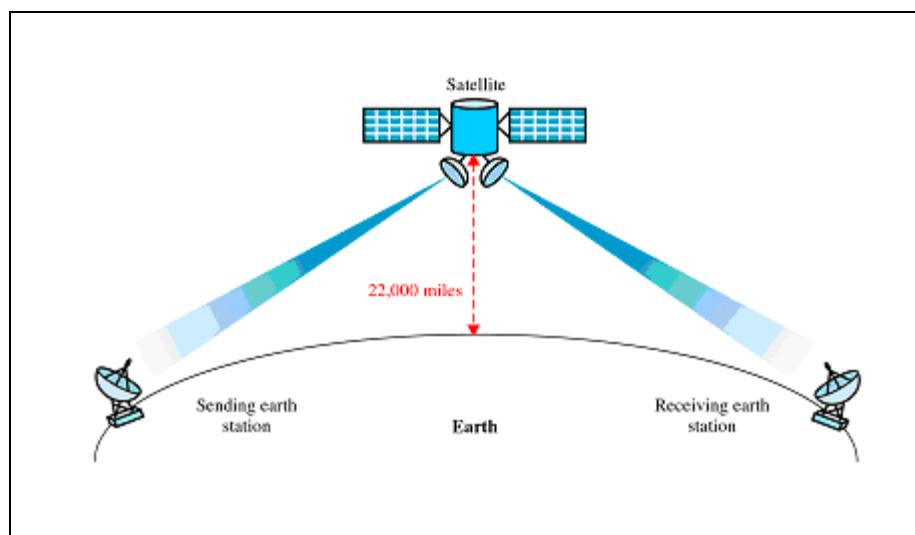
Satelit digunakan secara meluas di dalam kehidupan seharian kita. Buktinya dapat diperhatikan melalui kewujudan antena di bumbung kebanyakan rumah yang menerima siaran televisyen satelit. Sebenarnya, satelit merupakan komponen penting dalam sistem perhubungan. Ia berupaya membawa kuantiti data yang banyak serta isyarat televisyen dan telefon. Satelit dapat menyediakan perkhidmatan merangkumi kawasan yang luas kerana ianya terletak jauh di angkasa lepas. Kawasan-kawasan yang terletak pada kedudukan geografi yang sukar akan dapat dihubungi kerana faktor kedudukan satelit yang unik ini. Pada dasarnya, tiga buah satelit yang diletakkan dalam orbit mengelilingi Bumi pada garisan Khatulistiwa mampu menyediakan perhubungan hampir ke seluruh dunia. Oleh yang demikian, satelit tidak mematuhi sebarang sempadan politik dan dalam sesetengah pekara seperti pengintipan, ianya turut berisiko tinggi.



**Rajah 2.1 Penggunaan sistem satelit dalam kehidupan harian**

### 2.2.1 Asas Sistem Satelit

Secara amnya, sebuah sistem satelit dapat dibahagikan kepada tiga sistem utama menurut fungsinya. Pertama adalah stesen Bumi yang terletak di atas permukaan Bumi, yang akan menghantar dan menerima isyarat. Seterusnya adalah satelit, iaitu segmen yang berada di ruang angkasa. Akhir sekali adalah unit telemetri, pengesanan dan pentadbiran (telemetry tracking and command unit – TTC) yang berfungsi menjejak satelit di ruang angkasa.



**Rajah 2.2 Sistem satelit**

Stesen bumi mempunyai beberapa unit di dalamnya. Di antaranya termasuklah antenna untuk memancarkan dan menerima isyarat, pencampur untuk tujuan meninggikan atau mengurangkan frekuensi isyarat, pemodulat dan penyahmodulat, penuras frekuensi rendah, unit amplifikasi dan isyarat yang hendak dihantar.

Seterusnya ialah segmen angkasa iaitu satelit, yang mengandungi antenna, unit penguatan hingar rendah dan lain-lain lagi. Secara perbandingan, bahagian inilah yang



paling mahal dan menempatkan teknologi yang paling canggih. Setiap peralatan dalam satelit dipastikan mutunya yang tinggi kerana kerja penyelenggaraan tidak dapat dilakukan dengan mudah setelah ianya dilancarkan. Secara kasar, sebuah satelit dapat berfungsi selama 12 tahun. Namun demikian, disebabkan penggunaan teknologi yang terkini dan canggih, satelit kini dapat mengelilingi orbitnya dengan lebih lama dan terus berfungsi dengan baik.

Akhir sekali, TTC pula berfungsi menjejak satelit di dalam orbitnya, mengarah dan mengawasi pencapaiannya setiap masa. Kini, terdapat satu lilitan nipis satelit segerak yang mengelilingi Bumi disepanjang garisan Khatulistiwa. Penempatan satelit di garisan Khatulistiwa mengurangkan keperluan menjejak pergerakan satelit kerana ianya kelihatan seolah-olah pegun pada ketinggian 35,786km. Dengan itu, keperluan pada stesen Bumi dikurangkan dari segi litar dan peralatan yang kompleks. Selain itu, satelit yang segerak dengan Bumi juga kurang mengalami kesan anjakan Doppler.

## **2.2.2 Perambatan Isyarat Satelit**

Terdapat tiga sistem asas dalam penghantaran isyarat gelombang iaitu sistem pemancar, sistem penerima dan sistem satelit. Pemancar yang menghantar isyarat ke satelit dipanggil uplink manakala penerima yang menerima isyarat daripada satelit dipanggil downlink. Perambatan gelombang mikro yang paling mudah ialah penghantaran gelombang di antara pemancar dengan penerima di dalam ruang bebas. Ruang bebas ditakrifkan sebagai kawasan yang mempunyai sifat isotrofik, homogen dan

tanpa kehilangan tenaga akibat serapan atau pantulan daripada halangan, lapisan atmosfera dan bumi.

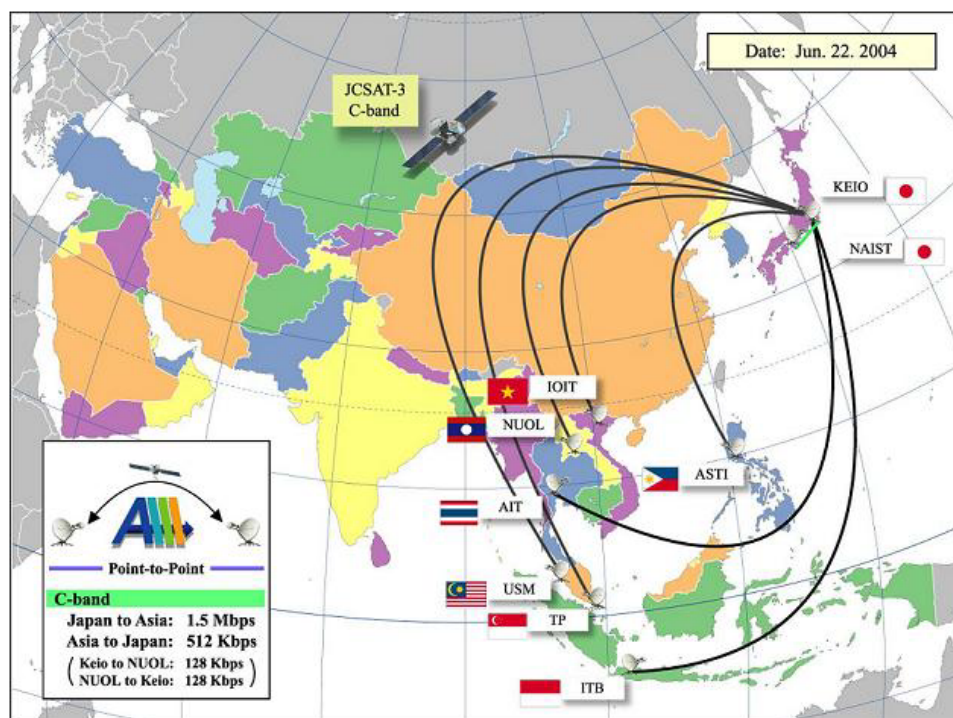
Namun begitu, kekuatan isyarat yang dihantar tidak akan sama apabila ia diterima. Ini disebabkan perambatan gelombang daripada satelit ke stesen penerima, sama ada stesen satelit Bumi ataupun parabola bumi akan mengalami pelemahan. Antara faktor-faktor yang menyebabkan pelemahan gelombang satelit ialah :

- i. Kesan hujan
- ii. Kesan awan
- iii. Rupa bentuk muka bumi seperti bukit bukau, kawasan berpokok, lautan, bangunan dan hujan salji
- iv. dan lain-lain

Kajian yang dilakukan mengambil kira kesan beberapa fenomena atmosfera terhadap perambatan gelombang satelit. Seperti yang kita sedia maklum, kawasan beriklim Khatulistiwa seperti Malaysia menerima hujan yang banyak setiap tahun. Hujan merupakan gangguan utama dalam perambatan gelombang satelit ke stesen penerima. Titisan hujan akan menyebabkan pelemahan melalui dua cara iaitu penyerakan dan penyerapan gelombang. Perambatan gelombang ini akan mengalami pelemahan yang tinggi, iaitu isyarat gelombang yang sampai kepada penerima akan menjadi lemah, terganggu dan bukan isyarat yang tulen. Pelemahan ini berbeza jika isyarat gelombang satelit dipancarkan pada frekuensi yang berbeza. Biasanya gelombang dipancarkan pada frekuensi melebihi 10GHz. Oleh itu, kita dapat menyimpulkan bahawa pelemahan yang lebih teruk akan berlaku kepada gelombang yang mempunyai frekuensi yang lebih tinggi.

Selain faktor hujan, parameter-parameter lain yang turut mempengaruhi penerimaan isyarat satelit dan akan dikaji di dalam projek ini ialah kadar kelembapan udara, kelajuan angin dan suhu persekitaran. Parameter-parameter ini disukat menggunakan peralatan seperti Alat Cerapan Kajisukat (Meteorological Logging System), Tolok Hujan Optik (Optical Rain Gauge) dan Tolok Hujan Timba Jongket (Tipping Bucket Rain Gauge). Peralatan-peralatan ini akan dihuraikan dengan lebih lanjut dalam bab seterusnya.

Isyarat satelit yang di terima oleh Penerima Isyarat Satelit USM Seri Ampangan adalah dari satelit JCSAT-3 (128°E). Satelit ini dimiliki oleh negara Jepun. Ia dihubungkan dengan Penerima Isyarat Satelit USM Seri Ampangan untuk tujuan kajian dan pembelajaran di antara universiti-universiti di Jepun dan Universiti Sains Malaysia, Kampus Kejuruteraan.



**Rajah 2.3 Rangkaian AI3**

Rajah 2.3 menunjukkan Rangkaian AI3 yang dianggotai oleh negara Jepun, Indonesia, Thailand, Singapura, Malaysia, Filipina, Vietnam dan Laos. Lebarjalur untuk transmisi data dari Jepun ke negara-negara Asia Tenggara ialah 1.5Mbps, manakala dari negara-negara Asia Tenggara ke Jepun, lebarjalur ialah 512kbps.

Walau bagaimanapun, oleh kerana terdapat masalah terhadap data yang diperolehi bagi tahun 2005, data bagi tahun 1999 telah digunakan untuk kajian ini. Data bagi tahun 1999 di ambil dari USM Tronoh yang menerima isyarat satelit daripada satelit Superbird-C (144°E).

### **2.3 Rangkaian Neural Buatan**

Pengertian Rangkaian Neural ialah suatu sistem pemprosesan maklumat yang mengandungi satu set unit pemprosesan yang disambungkan di antara satu sama lain secara selari mengikut struktur tertentu. Rangkaian Neural Buatan (RNB) mempunyai prinsip operasi yang hampir sama dengan rangkaian neural biologi iaitu otak manusia dan haiwan, yang mempunyai kebolehan untuk belajar dan menjadi pintar. Tujuan ia dicipta adalah untuk meniru sebahagian daripada fungsi otak manusia seperti pengecaman corak, pemprosesan isyarat, perhubungan, pengenalpastian sistem, melakukan operasi matemaik, membuat keputusan dan pelbagai lagi. Minat untuk melakukan penyelidikan dalam bidang RNB dicetuskan oleh kebolehan otak manusia mempelajari atau memproses informasi jauh lebih cekap dan pantas berbanding sistem komputer yang ada sekarang.

Rangkaian Neural Buatan boleh dianggap sebagai suatu rangkaian selari teragih. Ia mengandungi sejumlah besar unit pemrosesan yang mudah, setiap satunya berinteraksi di antara satu sama lain dengan struktur sambungan tertentu. Terdapat pelbagai senibina dan hukum pembelajaran yang menentukan bagaimana RNB boleh disambungkan dan diajar untuk mencapai objektif tertentu. Perbezaan ini berlaku kerana tiada siapa yang tahu secara tepat bagaimana neuron-neuron otak manusia sebenarnya disambung dan bagaimana proses pembelajaran dilakukan. Perbezaan ini membawa kepada kelajuan dan kecekapan proses pembelajaran yang berlainan di antara pelbagai jenis RNB. Kebolehan dan ketepatan suatu rangkaian juga berkaitan dengan senibina dan hukum pembelajaran yang digunakan.

### **2.3.1 Sejarah Rangkaian Neural Buatan**

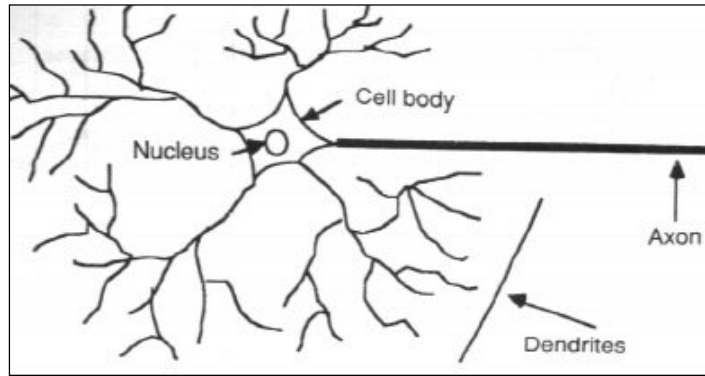
Sejarah RNB bermula dalam pelbagai bidang pengajian seperti neurobiologi, psikologi, komputer sains, kejuruteraan dan sebagainya. Namun begitu, model matematik RNB yang pertama biasanya dirujuk kepada kertas penyelidikan oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943. Ini adalah percubaan pertama yang berjaya mendefinisikan model RNB. Mereka telah membina satu RNB yang mudah dan menunjukkan bahawa pada dasarnya RNB berkebolehan melakukan perhitungan aritmetik atau fungsi logik. Sumbangan penyelidik-penyelidik lain ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

**Jadual 2.1 : Nama-nama penyelidik dan sumbangan mereka dalam bidang RNB**

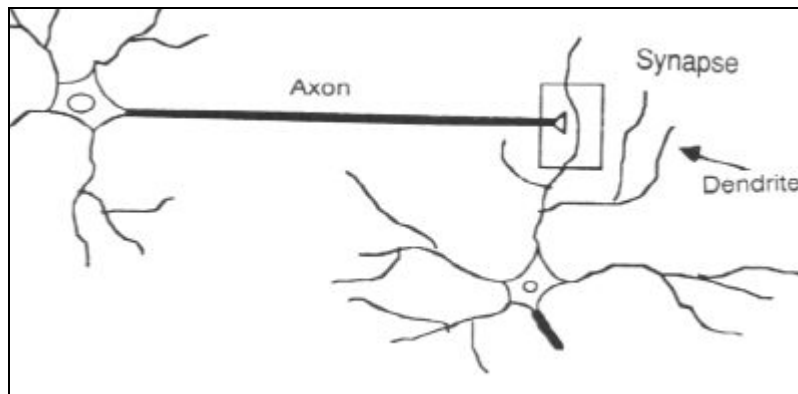
<b>Nama Penyelidik</b>	<b>Tahun</b>	<b>Sumbangan</b>
McCulloch dan Pitts	1943	Mendefinisikan model RNB
D. Hebb	1949	Mengemukakan hukum pembelajaran pertama untuk RNB yang dipanggil Hukum Hebb.
F. Rossenblatt	1958	Mencipta RNB yang dipanggil Perceptron.
B. Widrow dan M.E. Hoff	1960	Mencipta RNB yang dipanggil Adaline.
J.J. Hopfield	1982	Mencipta RNB yang dipanggil Hopfield.
K. Fukushima	1983	Mencipta RNB yang dipanggil Necognition.
T. Kohonen	1984	Mencipta RNB yang dipanggil Kohonen.
D.E. Rumelhart dan J.L. McClelland	1986	Memperkenalkan semula dan mengembangkan algoritma Perambatan Balik ('Back Propagation').

### **2.3.2 Perbandingan Rangkaian Neural Buatan dan Otak Manusia**

Otak manusia mengandungi tiga bahagian utama iaitu neuron, sinaps, dan sel sokongan. Neuron adalah unsur asas otak yang bertanggung jawab terhadap kecerdikan otak. Neuron-neuron disambung dalam bentuk suatu rangkaian selari yang sangat kompleks. Sambungan di antara neuron-neuron dipanggil sinaps. Ia boleh terbentuk atau terhapus semasa proses pembelajaran. Setiap neuron berkebolehan menerima, memproses dan menghantar isyarat atau maklumat.



**Rajah 2.4** Komponen-komponen neuron



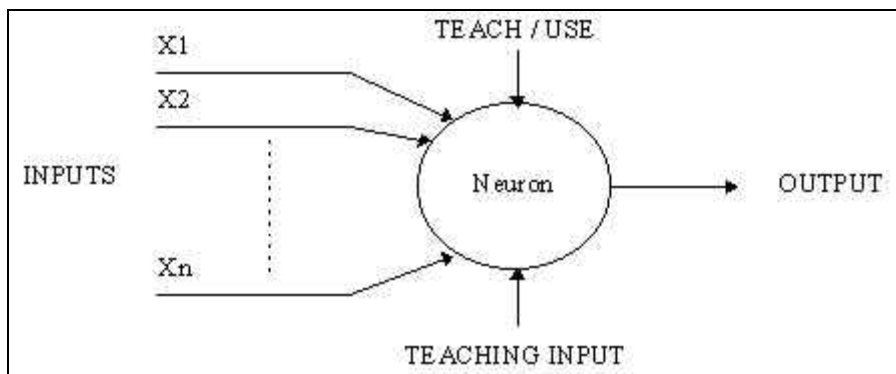
**Rajah 2.5** Proses sinaps

Neuron terbentuk oleh tiga komponen utama iaitu badan sel, akson dan dendrit seperti yang digambarkan dalam Rajah 2.4 di atas. Neuron menerima maklumat melalui dendrit dan menghantarnya melalui akson ke badan sel. Manakala badan sel pula bertindak sebagai unit pemprosesan maklumat.

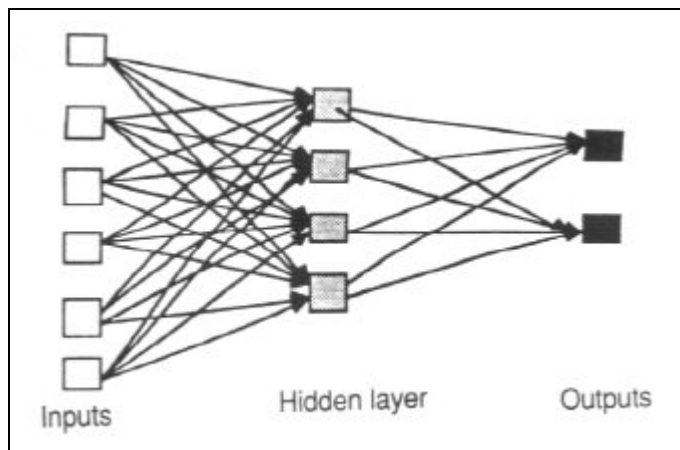
### **2.3.3 Komponen-komponen Asas Rangkaian Neural Buatan**

RNB secara amnya mengandungi komponen-komponen asas yang dikenali sebagai saluran masukan, pemberat sinaps, unit pemprosesan dan saluran keluaran,

seperti yang digambarkan dalam Rajah 2.6. Fungsi saluran masukan, unit pemrosesan dan saluran keluaran adalah masing-masing hampir sama dengan fungsi dendrit, badan sel dan akson dalam otak manusia. Manakala pemberat akan menentukan berapa kuat sesuatu masukan akan mempengaruhi kegiatan unit pemrosesan. Unit pemrosesan biasanya dipanggil neuron atau nod tersembunyi. Ia merupakan unit pemrosesan yang mudah, kebiasaannya mengandungi satu penggabung lurus dan fungsi pengaktifan.



**Rajah 2.6** Komponen-komponen Asas Rangkaian Neural Buatan



**Rajah 2.7** Contoh rangkaian suap depan yang mudah

Neuron-neuron akan disambungkan mengikut corak tertentu di antara satu sama lain untuk membentuk satu senibina RNB yang berbentuk selari. Kebiasaannya RNB



mempunyai satu lapisan neuron masukan, satu atau lebih lapisan neuron tersembunyi dan satu lapisan neuron keluaran. Setiap lapisan tersebut pula mempunyai satu atau lebih neuron seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2.7.

Komputer sangat pantas dan tepat dalam pemprosesan jujukan arahan yang telah diubahsuaikan untuknya. Otak manusia sebaliknya mempunyai neuron yang di 'suiskan' pada kadar kira-kira sejuta kali lebih perlahan dari get komputer. Namun begitu, manusia boleh menganalisa proses-proses semulajadi seperti pengecaman corak dan memahami percakapan pada kadar yang jauh lebih cepat daripada super komputer. Ini mungkin disebabkan oleh sambungan neuron-neuron secara selari yang sangat banyak dan kompleks di dalam otak manusia. Kebiasaannya otak manusia mempunyai bilangan neuron kira-kira  $10^{15}$  manakala bilangan neuron di dalam RNB jarang melebihi beberapa ratus sahaja, iaitu hanya satu pecahan kecil daripada bilangan neuron di dalam otak serangga [Mashor, 1997].

Walau bagaimanapun, kebolehan RNB memproses maklumat dengan pantas dan tepat membolehkannya untuk meniru setengah sifat otak manusia dalam beberapa hal. Kecerdikan otak manusia tersimpan di antara penyambung sinaps badan sel dan bukannya di dalam badan sel itu sendiri. Berdasarkan fakta ini, RNB direkabentuk supaya mempunyai ciri dinamik di mana sifat-sifat data latihan akan disimpan di antara pemberat sambungan. Semasa proses pembelajaran atau latihan RNB, pemberat akan dilaraskan mengikut suatu set hukum pembelajaran yang tertentu, sementara unit pemprosesan melakukan tugas pemprosesan yang sama disepanjang latihan. Tugas unit pemprosesan pada amnya ialah mengolah data masukan menggunakan fungsi pengaktifan tertentu seperti fungsi sigmoid atau fungsi asas radial. Oleh itu, prestasi

sesuatu RNB secara amnya bergantung kepada rekabentuk senibina, mekanisma pelaras pemberat dan fungsi pengaktifan.

### **2.3.4 Jenis-jenis Senibina dan Algoritma Pembelajaran**

Pada peringkat yang paling asas, model RNB boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu rangkaian suap depan dan rangkaian suap balik. Jika neuron-neuron dalam rangkaian hanya boleh membekalkan keluarannya kepada lapisan neuron selepasnya sahaja, rangkaian itu dinamakan rangkaian suap depan. Dalam rangkaian suap balik, neuron dibenarkan untuk membekalkan keluarannya kepada neuron dilapisan sebelumnya, selepasnya dan juga kepada neuron itu sendiri. Secara keseluruhan, rangkaian suap depan adalah lebih pantas untuk dilatih dan kestabilannya terjamin. Walau bagaimanapun, rangkaian suap balik menawarkan lebih penyesuaian dan ketaklelurusan [Mashor,1997].

Mekanisma pelarasan pemberat sinaps biasanya dikenali sebagai algoritma pembelajaran atau latihan. Pada peringkat yang paling asas, algoritma pembelajaran boleh dibahagikan kepada tiga jenis iaitu pembelajaran terselia, pembelajaran tak terselia dan pembelajaran bergred [Mashor,1997].

Pembelajaran terselia memerlukan data keluaran dalam proses pembelajaran ini. 'Penyelia' mungkin satu set formula matematik yang membandingkan keluaran sebenar dan keluaran RNB dan menyediakan isyarat ralat untuk melaras pemberat dalam rangkaian.

Pembelajaran tak terselia dikenali juga sebagai penyusunan tersendiri. Hanya data masukan dibekalkan kepada RNB, tanpa data keluaran dan penyelia. RNB diharapkan dapat membuat penyusunan sendiri kepada suatu tatarajah yang berguna sebagai tindakbalas kepada data masukan. Manakala pembelajaran bergred pula membekalkan RNB dengan data masukan, tetapi prestasi rangkaian akan diukur sesekali dan disuapbalikkan untuk melaras pemberat.

Terdapat pelbagai jenis senibina dan algoritma pembelajaran untuk melatih atau mengajar RNB. Antara RNB yang popular ialah rangkaian ‘Multilayered Perceptron’ (MLP), ‘Hybrid Multilayered Perceptron’ (HMLP), ‘Madaline’, ‘Kohonen’, ‘Hopfield’, ‘Neocognition’, ‘Functional Link’, ‘Radial Basis Function’, ‘Levenberg-Marquardt’ dan ‘Bayesian Regularization’. Senibina MLP bersama algoritma pembelajaran *Bayesian Regularization* akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam bab seterusnya kerana senibina dan algoritma pembelajaran ini dipilih untuk digunakan dalam kajian peramalan isyarat satelit ini.

## **2.4 Analisis Statistik Data**

Analisis statistik dilakukan untuk mengenalpasti taburan bagi data, nilai minimum, median, maksimum dan nilai-nilai statistik lain bagi sesebuah data. Di dalam projek ini, perisian MiniTab digunakan untuk menjalankan analisis. Program ini berupaya mengira statistik asas, melakukan penganggaran mudah serta pengujian hipotesis terhadap satu atau lebih sampel.

### **2.4.1 Histogram**

Histogram digunakan untuk menentukan bentuk serta kecenderungan pertengahan bagi data, dan memeriksa sama ada data tersebut mematuhi taburan tertentu seperti taburan normal dan sebagainya.

Bar pada histogram menunjukkan bilangan pemerhatian dalam sesuatu sela tertentu. Oleh kerana setiap bar mewakili banyak pemerhatian, histogram adalah sangat berguna apabila terdapat bilangan data yang banyak.

### **2.4.2 Plot Kebarangkalian**

Plot kebarangkalian digunakan untuk :

- i. Menentukan berapa tepat sesuatu data memenuhi taburan tertentu. Darjah kesepadanan diwakili oleh darjah data yang digunakan mengikuti garis ketepatan.
- ii. Mencari anggaran parameter dan peratus anggaran populasi
- iii. Membandingkan taburan sampel

MiniTab akan memplotkan nilai setiap pemerhatian melawan anggaran kebarangkalian kumulatif. Skala ini akan diubah mengikut keperluan supaya taburan kesepadanan akan membentuk garis lurus.

## 2.5 Rangkaian Suap Balik

Rangkaian suap balik telah dicipta dengan mengitlak (generalize) peraturan pembelajaran Widrow-Hoff kepada rangkaian berbilang lapisan dan fungsi pindah kebolehbezaan tidaklelurus. Vektor masukan dan vektor sasaran yang sepadan digunakan untuk melatih rangkaian sehingga ia boleh membuat penghampiran terhadap sesuatu fungsi, menghubungkan vektor input dengan vektor keluaran spesifik atau mengelaskan vektor input dengan baik seperti yang dikehendaki oleh pengguna. Rangkaian dengan pemincang, lapisan *sigmoid* dan lapisan keluaran leluhur berupaya untuk menjalankan penghampiran fungsi yang mempunyai bilangan ketakselanjaran yang terhad.

Rangkaian suap balik piawai menggunakan algoritma penurunan kecerunan, seperti peraturan pembelajaran Widrow-Hoff, di mana pemberat rangkaian bergerak disepanjang kecerunan negatif fungsi prestasi tersebut. Maksud 'rangkaian suap balik' merujuk kepada cara kecerunan untuk rangkaian berbilang lapisan tidaklelurus dihitung. Terdapat pelbagai variasi algoritma asas berdasarkan kepada teknik pengoptimuman piawai lain, seperti kecerunan pelengkap dan kaedah Newton. Rangkaian suap balik yang dilatih dengan sempurna akan memberikan jawapan yang bertepatan apabila diberikan masukan yang baru.

Walau bagaimanapun, masalah yang sering timbul ketika proses pembelajaran rangkaian suap balik dijalankan ialah lebihan padanan (overfitting). Dalam masalah ini, ralat bagi set data pembelajaran yang diperolehi adalah kecil, tetapi apabila data baru

diperkenalkan kepada rangkaian tersebut, ralat menjadi besar. Rangkaian tersebut telah menghafal data pembelajaran, tetapi ia tidak dilatih untuk mengitlak kepada situasi baru.

Salah satu cara yang boleh diaplikasikan untuk memperbaiki pengitlakan rangkaian (network generalization) ialah dengan menggunakan rangkaian yang mempunyai saiz yang tepat untuk menghasilkan padanan yang mencukupi. Lebih besar rangkaian yang digunakan, lebih kompleks fungsi yang akan dihasilkan oleh rangkaian. Jika rangkaian yang digunakan adalah kecil, lebih padanan tidak akan berlaku terhadap data. Oleh itu, mengurangkan saiz rangkaian dapat mengelakkan lebih padanan daripada berlaku.

Walau bagaimanapun, adalah sukar untuk menentukan saiz terbaik bagi sesuatu rangkaian untuk sesuatu aplikasi spesifik. Oleh itu, kaedah yang digunakan untuk memperbaiki pengitlakan di dalam kajian ini adalah kaedah *regularization*.

### 2.5.1 Kaedah Pengenalaran (Regularization)

Kaedah ini melibatkan proses mengubah fungsi prestasi, yang kebiasaannya dipilih berdasarkan hasil tambah kuasa dua ralat bagi set latihan rangkaian. Fungsi prestasi tipikal yang digunakan untuk melatih rangkaian neural suap hadapan ialah nilai purata hasil tambah kuasa dua bagi ralat rangkaian iaitu :

$$F = mse = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2 \quad (2.1)$$

Adalah tidak mustahil untuk memperbaiki pengtitlakan jika nilai bagi fungsi prestasi diubah dengan menambah sebutan yang mengandungi purata bagi hasil tambah kuasa dua pemberat dan pemincang rangkaian seperti berikut :

$$mse_{reg} = \gamma mse + (1 - \gamma) msw \quad (2.2)$$

Di mana  $\gamma$  adalah nisbah prestasi, dan

$$msw = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_j^2 \quad (2.3)$$

Fungsi prestasi ini akan menghasilkan rangkaian yang mempunyai nilai berat dan pincang yang kecil, dan ini akan memaksa sambutan rangkaian menjadi lebih licin serta lebihan padanan tidak akan berlaku.

Walau bagaimanapun, masalah yang timbul dalam proses *regularization* ini adalah, amat sukar untuk menentukan nilai optimum bagi parameter nisbah prestasi. Jika nilai parameter yang digunakan terlalu besar, lebihan padanan akan terjadi. Tetapi, jika nisbah yang digunakan terlalu kecil, rangkaian tidak akan benar-benar padan dengan data latihan. Satu cara untuk menetapkan parameter *regularization* secara automatik ialah menggunakan Pengenalaran Automatik (Automatic Regularization).

### **2.5.2 Pengenalaran Automatik Menggunakan *Bayesian Regularization***

Pendekatan yang dilakukan untuk proses ini ialah kerangka kerja Bayesian. Di dalam kerangka kerja ini, pemberat dan pemincang bagi rangkaian dianggapkan

mempunyai pembolehubah rawak dengan taburan tertentu. Parameter *regularization* dikaitkan dengan pembolehubah yang tidak diketahui, yang turut berhubungkait dengan taburan ini. Penganggaran bagi parameter ini kemudiannya dilakukan menggunakan teknik-teknik statistik. *Bayesian Regularization* menggunakan fungsi *trainbr*. Penggunaan fungsi ini dapat dilihat di dalam aturcara rangkaian neural yang dilampirkan di akhir tesis ini.

Salah satu kelebihan menggunakan algoritma ini ialah ia turut menghitung bilangan parameter rangkaian (pemberat dan pemincang) yang digunakan secara efektif oleh rangkaian tersebut. Bilangan parameter yang digunakan secara efektif seharusnya akan mempunyai nilai yang hampir sama, tanpa mengira bilangan parameter keseluruhan di dalam rangkaian tersebut. Oleh itu, boleh disimpulkan bahawa *Bayesian Regularization* menyediakan prestasi pengitlakan (*generalization performance*) yang lebih baik berbanding algoritma yang lain.

## **2.6 Analisis Regresi**

Analisis regresi digunakan untuk menyelidik dan menghasilkan model perhubungan di antara pembolehubah sambutan dan satu atau lebih peramal. Perisian MiniTab digunakan untuk menjalankan analisis regresi ini.

Di dalam kajian ini, analisis regresi dijalankan di antara pembolehubah sambutan, iaitu isyarat Beacon, dan empat pembolehubah peramal, iaitu hujan, kelembapan udara, suhu dan kelajuan angin. Perkaitan antara pembolehubah-pembolehubah ini dicari dan dianalisis.



### 2.6.1 Kaedah Regresi Berganda (Multiple Regression)

Regresi berganda adalah satu kaedah untuk menerangkan perhubungan statistik di antara sambutan, sebagai contoh berat, dan dua atau lebih peramal, seperti tinggi dan umur. Kaedah regresi yang sering digunakan ialah kaedah kuasa dua terkecil, di mana ia menentukan persamaan untuk satu garis lurus yang meminimumkan hasil tambah kuasa dua jarak menegak, di antara titik data dan garis tersebut. Kaedah ini boleh digunakan untuk memadamkan model am kuasa dua terkecil, menyimpan statistik regresi, memeriksa diagnosis residual, menghasilkan titik anggaran, menghasilkan ramalan dan sela keyakinan, dan menjalankan ujian kurang padanan.

Regresi berganda melibatkan penggunaan lebih daripada satu pembolehubah tak bersandar untuk meramal pembolehubah bersandar :

- Pembolehubah bersandar =  $Y$
- Pembolehubah tak bersandar =  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$
- Koefisien regresi =  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$
- Pintasan =  $a$
- Persamaan:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

Analisis regresi yang dijalankan di dalam projek ini menghasilkan parameter-parameter berikut : *Coef, SE Coef, P, T, S, R-Sq, R-Sq (adj), PRESS* dan *R-Sq (pred)*.