

PENDEKATAN RANGKAIAN NEURAL BAGI SISTEM PENGECEMAN TANDATANGAN TULISAN TANGAN

***Fadzilah Siraj, Wan Hussain Wan Ishak, Fadhilah Mat Yamin**

Sekolah Teknologi Maklumat, Universiti Utara Malaysia, 06010 Sintok, Kedah

*Email: fad173@webmail.uum.edu.my

Abstrak

Internet telah digunakan sebagai medium bagi perniagaan secara elektronik. Bagi mengawal keselamatan perniagaan melalui Internet, sistem keselamatan elektronik seperti tandatangan digital telah digunakan. Tandatangan digital merupakan satu jujukan bit yang unik bagi mewakili senarai bit lain. Walaubagaimanapun, wujud beberapa masalah dalam penggunaan tandatangan digital, seperti kesilapan pengguna, penyimpanan dan pemecahan kod. Oleh itu, kajian perlu dilakukan bagi mengenalpasti teknologi terkini untuk meningkatkan keselamatan transaksi melalui Internet. Kertas kerja ini membincangkan penggunaan Rangkaian Neural bagi pengecaman tandatangan tulisan tangan atas talian. Beberapa model Rangkaian Neural telah dikenalpasti dan pengujian dilakukan bagi menentukan model yang sesuai untuk kesalahan pengecaman tandatangan tulisan tangan.

Katakunci: Pengecaman Tandatangan Tulisan Tangan, Tandatangan Digital, Rangkaian Neural

Abstract

Internet has been used as a medium for electronic transaction. Electronic security system such as digital signature has been used to control on-line transaction. Digital signature is a string of bit that represents another string of bit. However, due to security concerns such as human error, storage and code breaking, it is vital to explore a new technology

to enhance security for on-line transaction. This paper discusses neural networks model for on-line handwritten signature verification. Several neural networks model have been identified and tested to choose the suitable neural network model for on-line handwritten signature verification.

Keywords: Handwritten Signature Recognition, Digital Signature, Neural Networks

1.0 Pengenalan

Sistem pengesahan (*authentication*) elektronik menjadi semakin penting ekoran daripada kemajuan teknologi maklumat, terutamanya perkembangan dalam bidang perniagaan tanpa sempadan melalui Internet (Kuner & Miedbrodt, 1999). Penggunaan nombor kad kredit sebagai *kekunci* bagi transaksi menimbulkan masalah kepada sesetengah pihak terutama pengguna. Penggunaan kata kunci khas iaitu tandatangan digital (*digital signatures*) yang terdiri dari sebaris digit bagi mewakili nombor tertentu membantu mengawal keselamatan transaksi. Tandatangan digital dihasilkan menggunakan kombinasi teknik perisian dan *cryptology*. Menurut Kang (1998), keselamatan penggunaan tandatangan digital bergantung kepada tiga faktor utama iaitu algoritma kerahsiaan nilai rahsia (K_s), keutuhan nilai terbuka (K_p) dan kekuatan *cryptographic* tandatangan digital (F_s).

Kerahsiaan nilai rahsia merujuk kepada proses penghasilan kod kata kunci, penjagaan rahsia oleh pemegang dan keselamatan penyimpanan kod melalui komputer. Pada dasarnya, sebarang pertindihan terhadap kata kunci yang digunakan tidak boleh berlaku. Seandainya ini terjadi, keutuhannya akan dipersoalkan. Kekuatan algoritma tandatangan digital dikatakan stabil apabila algoritma yang tepat mampu diaplikasikan.

Bagaimanapun, terdapat kelemahan terhadap penggunaan kata kunci tersebut. Ini kerana pihak lain (bukan pemegang kata kunci yang sah) boleh menggunakan kata kunci tersebut

tanpa pengetahuan pemilik asal. Penyelesaian kepada masalah ini memerlukan satu sistem pengesahan yang sukar untuk ditiru dan dipindah milik oleh sesiapa.

Penggunaan tandatangan tulisan tangan (*handwritten signature*) sebagai alat pengesahan telah lama diterima pakai. Tandatangan lazimnya dilakukan di atas permukaan kertas. Walau bagaimanapun, penciptaan alatan seperti pendigital (*digitizer*) dan pengimbas membolehkan tandatangan ditukar ke dalam bentuk digital (Kang, 1998). Ini bermakna tandatangan boleh digunakan sebagai alat pengesahan selain daripada tandatangan digital. Jadual 1 menunjukkan perbezaan definisi di antara tulisan tangan, tandatangan dan tandatangan elektronik.

Jadual 1: Definisi tulisan tangan, tandatangan dan tandatangan elektronik

Istilah	Definisi
Tulisan Tangan	<ul style="list-style-type: none"> • Tulisan tangan merupakan satu siri tindakan yang kompleks yang melibatkan sistem saraf manusia, keadaan fizikal, emosi, dan sifat semulajadi. <p style="text-align: right;">(Kuner & Miedbrodt, 1999)</p>
Tandatangan	<ul style="list-style-type: none"> • Tandatangan ialah nama seseorang individu yang ditulis dalam dalam bentuk tulisan tangan. <p style="text-align: right;">(U.S Department of Health and Human Services, 1992)</p>
Tandatangan elektronik	<ul style="list-style-type: none"> • Tandatangan elektronik merujuk kepada satu jujukan bit yang mewakili tandatangan manusia dalam bentuk digital yang dirakam oleh komputer dari pen elektronik. <p style="text-align: right;">(Kang, 1998)</p>

- Tandatangan elektronik ialah perwakilan bukan tulisan tangan yang unik bagi mengenalpasti seseorang individu. Contohnya cap jari, suara dan retina.

(U.S Department of Health and Human Services, 1992)

Jadual 2: Perbezaan di antara tandatangan digital dengan tandatangan tulisan tangan

Tandatangan Tulisan Tangan	Tandatangan Digital
1) Berkait secara biologi dengan individu tertentu.	1) Bergantung kepada perlindungan terhadap kekunci tandatangan persendirian dan prosedur yang diamalkan oleh Certification Authority.
2) Dikawal oleh individu terbabit.	2) Dikawal oleh komputer yang menyimpan maklumat mengenai individu.
3) Pengesanan pemalsuan ke atas tandatangan bergantung kepada pakar <i>cryptography</i> .	3) Dilakukan oleh pengecaman secara automatik.
4) Kurang berkesan.	4) Perkhidmatan pengabungan data adalah lebih baik
5) Boleh disaksikan.	5) Boleh dicatatkan.
6) Boleh digunakan untuk pengesahan selagi ia masih berkeadaan baik.	6) Terhad kepada tempoh tertentu atau bergantung kepada perkembangan teknik pemprosesan dan

cryptographic.

- | | |
|---|--|
| 7) Selamat daripada penyangkalan. | 7) Memerlukan pihak ketiga untuk mengelakkan penyangkalan. |
| 8) Sesuai untuk semua sistem keselamatan. | 8) Hanya untuk sistem keselamatan yang tertentu. |
| 9) Mudah dan senang difahami. | 9) Proses pengesahan sukar difahami |
-

Kajian terhadap penggunaan tandatangan elektronik sebagai alat pengesahan secara elektronik telah mendapat perhatian ramai penyelidik. Penyelidikan terhadapnya masih lagi giat dijalankan bagi mencari kaedah atau algoritma yang terbaik untuk mencegah pencerobohan atau pemalsuan (Leclerc & Plamondon, 1994). Pelbagai pendekatan telah dan sedang digunakan untuk mendapatkan algoritma atau teknik pengecaman yang dapat melakukan kesilapan pengecaman yang paling rendah. Antara pendekatan yang digunakan ialah pendekatan statistik (Hastie *et al.*, 1992; Nelson *et al.*, 1994), rangkaian neural buatan (Cardot *et al.*, 1994; Dodel & Shinghal, 1997), logik kabur (Malaviya, 1996) dan algoritma genetik (Ramesh & Murty, 1999).

2.0 Rangkaian Neural Dalam Sistem Tulisan Tangan dan Pengecaman Tandatangan

Kebolehan dan kemampuan rangkaian neural untuk dilatih terutama bagi data yang kompleks menarik perhatian ramai penyelidik. Pelbagai algoritma dihasilkan dan digunakan bagi pengecaman tulisan tangan sama ada di luar atau dalam talian. Mighell *et al* (1989) menggunakan rangkaian suap hadapan dengan algoritma pembelajaran suap belakang untuk pengecaman tandatangan luar talian. Mighell *et al.* mendapati rangkaian menghasilkan 2 peratus kadar penolakan untuk tandatangan asli dan 2 peratus penerimaan

untuk tandatangan palsu. Model rangkaian yang sama digunakan oleh Dullink *et al* (1995) untuk pengecaman tandatangan dalam talian.

Seni (1995) mengkaji penggunaan *Time Delay Neural Network* (TDNN) bagi pengecaman tulisan tangan atas talian. TDNN didapati sesuai untuk belajar struktur yang berkaitan dengan masa. Guyon *et al* (1995) pula membangunkan PENACEE iaitu sebuah sistem pengecaman tulisan tangan atas talian. PENACEE bukan sahaja berkebolehan mengecam tulisan tangan tetapi juga tandatangan. TDNN juga digunakan untuk menganggar kebarangkalian *posteriori* huruf dalam perkataan (Guyon *et al.*, 1996). *Multi State Time Delay Neural Network* (MS-TDNN) iaitu salah satu daripada TDNN digunakan untuk pengecaman dan segmentasi tulisan tangan (Manke & Bodenhausen, 1994; Manke *et al.*, 1995). Terdapat juga kajian yang menggunakan model *Recurrent Networks* untuk pengecaman tulisan tangan.

Senior (1992) menggunakan *Recurrent Error Propagation Networks* untuk pengecaman tulisan tangan luar talian. Senior mendapati *Recurrent Networks* adalah lebih baik berbanding TDNN, iaitu kajian menunjukkan bahawa rangkaian mencapai sehingga 85.5 peratus pengitlakan.

Selain TDNN dan MS-TDNN, *Kohonen Map* juga digunakan dalam sistem pengecaman tulisan tangan. Schomaker *et al* (1993) dan Schomaker *et al* (1994) menggunakan *Kohonen Map* untuk memilih atribut daripada tulisan tangan. Manakala Cardot *et al* (1994) menggabungkan *Kohonen Map* dengan *Multi Layer Perceptron* (MLP) untuk sistem pengecaman tandatangan pada cek. *Kohonen Map* digunakan untuk mengklasifikasi input sebelum MLP melakukan pengecaman. *Kohonen Map* juga digabungkan dengan *Adaptive Resonance Theory* (ART) untuk sistem pengecaman tandatangan (Dimauro *et al.*, 1997). Peraturan pembelajaran Kohonen (*Kohonen*

Learning Rule) digunakan untuk mengemaskini nilai pemberat. Terdapat juga model rangkaian neural yang digunakan bersama dengan pendekatan lain seperti statistik. Pendekatan statistik yang lazim digunakan ialah Hidden Markov Model (Schenkel *et al.*, 1995; Bengio *et al.*, 1995).

3.0 Teknik Pengecaman Tandatangan Tulisan Tangan

Pertambahan dan kepesatan dalam teknologi perkomputeran memudahkan kemasukan data. Penggunaan pengimbas membolehkan dokumen yang telah lama tersimpan ditukar ke bentuk digital. Pendigital (*digitizer*) pula membolehkan lakaran atau tulisan tangan disimpan dalam bentuk digital sebaik sahaja ia dilukis atau dilakarkan. Pengumpulan data bagi tulisan tangan boleh dibahagikan kepada dua kategori berdasarkan kepada peranti dan bentuk fizikal input. Kategori pertama ialah tulisan tangan yang dilakukan secara *on-line* dan tulisan tangan yang dilakukan secara *offline*. Tulisan tangan yang dilakukan secara *on-line* adalah tulisan tangan yang dirakam menggunakan pendigital dan ditukar ke bentuk digital manakala tulisan tangan secara *off-line* adalah tulisan tangan yang ditulis di atas kertas dan diimbas oleh pengimbas dan diterjemah menggunakan kamera.

Lazimnya bagi data yang dikumpul secara dalam talian, pengecaman dilakukan sebaik sahaja data tersebut selesai dirakam. Pengecaman tandatangan menggunakan data yang dikumpul dalam talian adalah lebih mudah (Seiler *et al.*, 1994). Ini disebabkan oleh maklumat semasa mengenai perkataan seperti titik koordinat, tekanan penulisan dan kelajuan menulis dapat dirakam dan disimpan untuk pemprosesan. Pengumpulan data secara luar talian dilakukan dengan menterjemah tulisan tangan ke bentuk digital menggunakan pengimbas atau camera digital. Walau bagaimanapun, pengumpulan data adalah sukar. Ini kerana data (tulisan tangan) adalah dalam bentuk dua dimensi dan lazimnya dipisahkan dengan ruang kosong. Keadaan tersebut menimbulkan kesukaran

untuk mendapatkan parameter atribut-atribut daripada tulisan tangan. Bagaimanapun kajian oleh Lee & Pan (1992) menghasilkan pendekatan baru bagi mendapatkan parameter tandatangan dengan menggunakan peraturan heuristik. Yoshimura & Yoshimura (1994) pula mengemukakan kaedah bagi mengatasi masalah percampuran tandatangan dengan corak latar di atas cek. Koordinat (x,y) titik yang membentuk tandatangan akan direkodkan dan dipra-proses. Pengumpulan data bagi tandatangan dibahagikan kepada kategori data iaitu data sah dan data palsu.

Data palsu akan digunakan dalam pembelajaran dan pengujian. Data palsu amat penting bagi meningkatkan keberkesanan sistem (Mighell *et al.*, 1989). Walau bagaimanapun, terdapat kerumitan bagi mengumpul data palsu. Masalah ini disebabkan kerumitan untuk mendapatkan pakar yang boleh meniru tandatangan individu yang lain dengan baik. Mighell *et al* mencadangkan tiga kaedah untuk mendapatkan tandatangan palsu. Pertama, menulis aturcara ringkas bagi menjana tandatangan menggunakan komputer, kedua dengan mengubah rupa bentuk tandatangan yang sah dengan memasukkan gangguan atau ciri-ciri tambahan dan ketiga ialah dengan menggunakan tandatangan individu lain sebagai tandatangan palsu.

Proses menjana tandatangan palsu daripada tandatangan asal agak rumit. Ini kerana mengikut kajian yang dijalankan oleh pakar tulisan tangan, setiap individu tidak mungkin akan membuat tandatangan yang 100 peratus sama setiap kali menghasilkan tandatangan. Terdapat juga sistem pengecaman tandatangan yang menggunakan kaedah statistik bagi membezakan tandatangan individu (Hastie *et al.*, 1992). *Euclidean Distance* bagi kedua-dua corak tandatangan dikira bagi menentukan samada corak tandatangan yang diberikan adalah palsu atau tidak. Bagi penjaanan tandatangan menggunakan komputer, mengira perbezaan di antara ke dua-dua tandatangan akan menjadi isu utama.

Penggunaan tandatangan individu lain sebagai tandatangan palsu adalah lebih mudah berbanding dengan kaedah yang dicadangkan oleh Mighell *et al.* Bagaimanapun, perbezaan tandatangan di antara setiap individu adalah jauh berbeza. Kesan penggunaan tandatangan individu lain menguji keberkesanan sistem masih tidak dapat dipastikan. Bagaimanapun, kaedah ini merupakan kaedah yang paling mudah terutama bagi sistem pengecaman tandatangan yang menggunakan rangkaian neural. Ini kerana rangkaian neural memerlukan data yang banyak untuk tujuan latihan.

Pengumpulan data (tulisan tangan atau tandatangan) secara *on-line* atau *off-line* perlu menjalani fasa pra-pemprosesan bagi menghilangkan gangguan (*noise*) yang terdapat pada data yang diimbas atau direkod oleh pendigital (Musa *et al.*, 1990). Gangguan merupakan elemen atau unsur asing yang mungkin wujud akibat dari kerosakan pengimbas, kekotoran pada permukaan kertas atau permukaan pendigital yang tidak lancar akibat habuk dan sebagainya. Kewujudan gangguan boleh menyebabkan data yang dipersembahkan kurang berkualiti dan menjejaskan pengecaman (Powalka *et al.*, 1994). Penggunaan teknik pra-pemprosesan yang sesuai akan membantu mengurangkan gangguan dan membolehkan pengecaman dilakukan dengan lebih baik. Antara teknik yang dikenalpasti ialah pelicinan, persampelan dan penormalan.

Pelicinan dan persempelan bertujuan untuk mengkurangkan gangguan, mengatasi data yang bertindan dan mengurangkan atau menambah jumlah titik koordinat (Seni, 1995; Alimoglu, 1994). Contoh gangguan yang terdapat pada data ialah titik-titik asing, garisan yang tidak diperlukan dan garisan yang terputus. Penormalan dilakukan bagi memastikan data berada dalam julat yang tertentu seperti dari 0 hingga 1.

Sistem pengecam tulisan tangan atau tandatangan memerlukan set data yang unik bagi mewakili sesuatu tulisan. Ini kerana kepelbagaian gaya tulisan akan menyukarkan proses

pengecaman (Seni, 1995). Seni (1995) menyenaraikan lima jenis gaya tulisan tangan yang berbeza mengikut kesukaran pengecaman:

- 1) *Boxed Discrete Characters (BDC)*
- 2) *Spaced Discrete Characters (SDC)*
- 3) *Run-on Discretely Written Characters (RDWC)*
- 4) *Pure Cursive Script Writing (PCSW)*
- 5) *Mixed Cursive and Discrete (MCD)*

BDC dan SDC juga dikenali sebagai *cetakan-tangan* (Alimoglu, 1994) bermaksud pengguna menulis seperti dalam satu kotak yang telah ditentukan saiznya atau setiap huruf dipisahkan dengan ruang kosong. Jenis RDWC pula membenarkan huruf ditulis bersentuhan dengan huruf yang lain. Jenis tulisan tangan PCSW, hampir semua huruf bersambungan di antara satu sama lain. Manakala MCD merupakan kaedah atau bentuk tulisan biasa yang digunakan. Ia merupakan gabungan di antara BDC dan SDC dengan PCSW. Pengecaman tulisan BDC dan SDC agak mudah kerana setiap huruf tidak bersambung di antara satu sama lain. Sebaliknya pengecaman tulisan PCSW dan MCD agak sukar kerana setiap huruf bersambungan di antara satu sama lain.



Rajah 6: Perbezaan di antara dua tandatangan yang ditulis oleh seorang individu

Berdasarkan perbezaan dan kepelbagaian jenis dan gaya tulisan, pemilihan ciri tulisan untuk pengecaman amat penting. Alimoglu (1994) misalnya, menjalankan kajian terhadap digit yang ditulis dengan tangan. Bagaimanapun, data yang digunakan hanyalah koordinat yang direkod menggunakan pendigital. Data tersebut di pra-proses dan persempelan dilakukan untuk memilih sebahagian data untuk pengecaman. Bagi huruf atau sebaris perkataan, nilai koordinat sahaja tidak mencukupi. Ciri lain seperti kelajuan penulisan, masa penulisan dan jumlah pergerakan perlu diambil bagi membolehkan pengecaman dilakukan. Ini kerana perbezaan gaya dan kelajuan menulis menyebabkan jumlah koordinat tidak sama bagi setiap huruf.

Terdapat dua pendekatan yang boleh digunakan (McCabe, 1997) untuk memilih parameter bagi pengecaman tanda tangan. Pertama, menggunakan semua nilai koordinat yang dirakam oleh pendigital dan pengecaman dilakukan dengan membandingkan secara titik ke titik. Kedua, menggunakan semua nilai yang dikira dari koordinat tandatangan iaitu parameter statistik (Nelson *et al.*, 1994).

Berdasarkan kajian kesusasteraan yang telah dijalankan, pendekatan kedua paling banyak digunakan dalam kajian dan pembangunan sistem pengecaman tandatangan. Beberapa ciri penting penulisan yang membezakan di antara tandatangan yang sah dengan yang palsu hendaklah dikenalpasti bagi memilih parameter yang bersesuaian untuk sistem tanda tangan. Menurut pakar tulisan tangan, terdapat beberapa ciri tandatangan palsu (Fillingham, 1997; Anderson, 1994):

- 1) Ditulis dengan kelajuan yang lebih rendah berbanding tandatangan asli.
- 2) Kerap kali mengubah pegangan pensel.
- 3) Permulaan dan pengakhiran garisan agak "kasar".
- 4) Rendah kualiti garisan.

- 5) Garisan kurang kemas dengan adanya garisan tambahan.
- 6) Berhenti di tempat yang tidak sepatutnya.

Berdasarkan kepada ciri di atas sembilan parameter tandatangan telah dikenalpasti untuk pengecaman (Dullink *et al.*, 1995).

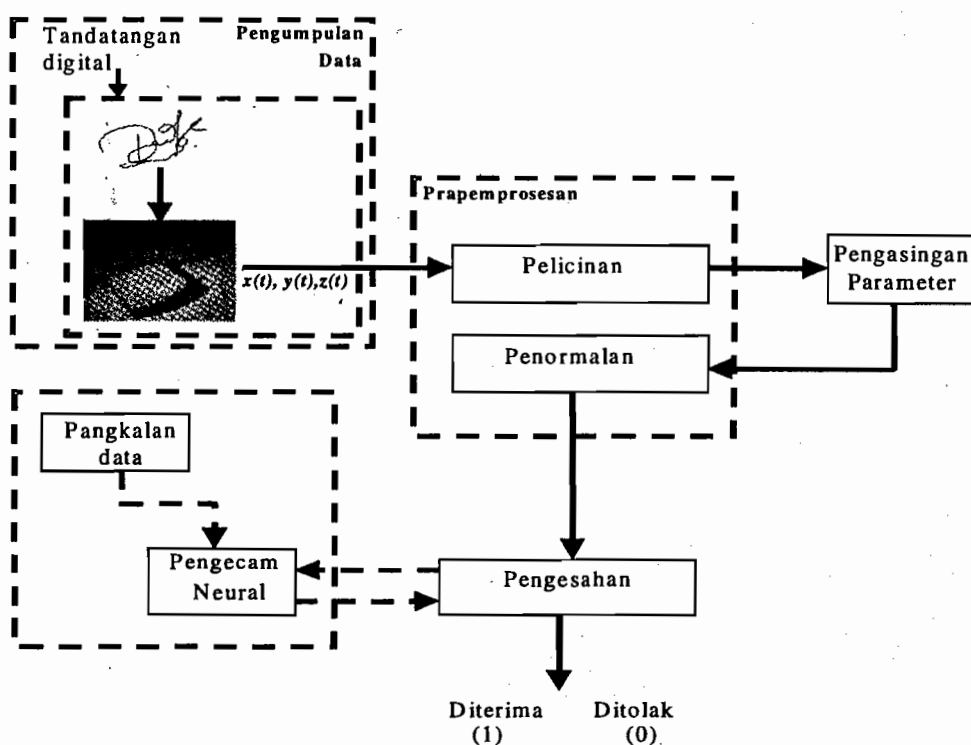
- 1) Jumlah masa
- 2) Jumlah pen diangkat
- 3) Jumlah *laluhan* keseluruhan
- 4) Jumlah pelajuan mengikut koordinat-x
- 5) Jumlah pelajuan mengikut koordinat-y
- 6) Jumlah persilangan pelajuan mengikut koordinat-x
- 7) Jumlah persilangan pelajuan mengikut koordinat-y
- 8) Jumlah halaju pergerakan mengikut koordinat-x
- 9) Jumlah halaju pergerakan mengikut koordinat-y

4.0 Metodologi

Model sistem cadangan terdiri daripada tiga modul iaitu modul pengumpulan data, modul pra-pemprosesan, dan modul Pengecaman. Dalam modul pengumpulan data, data di masukkan ke dalam sistem menggunakan pendigital. Pengital merakam tandatangan tulisan tangan dalam bentuk digital. Tandatangan tersebut akan direkod dan koordinat-koordinat yang mewakili tandatangan diproses bagi memilih sembilan parameter seperti yang dicadangkan oleh Dullink *et al* (1995). Sebelum itu, data yang diperolehi akan menjalani proses pelicinan bagi menghilangkan gangguan-gangguan yang mungkin terdapat pada tandatangan. Pemprosesan tandatangan tulisan tangan dilakukan ke atas keseluruhan tandatangan tanpa mengambil kira aksara-aksara yang digunakan. Ini kerana proses pemilihan atribut tulisan melibatkan gaya penulisan, masa, halaju, pergerakan yang terlibat dan jumlah laluhan keseluruhan sewaktu tandatangan dibuat. Atribut-attribut

yang dipilih akan menjalani proses penormalan bagi memastikan nilai attribut berada dalam julat 0 - 1. Ujian pengecaman kemudiannya dilakukan ke atas data yang telah siap diproses.

Ujian pengecaman tandatangan tulisan tangan dilakukan ke atas beberapa model rangkaian neural dan model statistik menggunakan pakej perisian Neural Connection 2.0. Antara model rangkaian neural dan model statistik yang telah dikenalpasti ialah *Multilayer Perceptron*, *Radial Basis Function*, *Bayesian Network* dan *Regression Model*. Model yang terbaik hasil daripada ujian tersebut diimplementasikan dalam sistem pengecaman tandatangan.



Rajah 7: Model sistem cadangan

5.0 Hasil Kajian

Beberapa model rangkaian neural dan model statistik telah digunakan dalam fasa pengujian. Hasil pengujian bagi seorang individu menggunakan 90 set data (30 data asli manakala 60 palsu) menunjukkan *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan *Radial Basis Function* (RBF) mencapai 100 peratus pengitlakan. Walaubagaimanapun, MLP hanya perlu dilatih sehingga 96.3 peratus bagi mencapai pengitlakan yang sama dengan RBF. Ini menunjukkan MLP adalah lebih baik berbanding dengan RBF. Tambahan pula RBF adalah kurang sesuai bagi aplikasi yang besar (Bigus, 1996; Lemarie *et al.*, 1996). Eksperimen juga menunjukkan bahawa kesemua model tidak menghasilkan *False Acceptance Rate* (FAR), sebaliknya hanya 5.88 peratus *False Rejection Rate* (FRR). Perbandingan hasil eksperimen bagi MLP, RBF, Bayesian Network dan regression diringkaskan dalam Jadual 3.

Jadual 3: Perbandingan hasil eksperimen bagi MLP, RBF, *Bayesian Network* dan *Regression*

Model	Latihan (%)	Pengujianan (%)	FAR	FRR
Multilayer Perceptron (MLP) (9-20-1, kadar pembelajaran = 0.8, momentum = 0.1)	96.3	100	0	0
Radial Basis Function (RBF) (9-20-1, Euclidean, Spline Functions)	100	100	0	0
Bayesian Network (3-5 unit tersembunyi)	98.15	94.44	0	5.88
Regression	96.3	94.44	0	5.88

6.0 Kesimpulan

Sistem pengecaman tandatangan tulisan tangan dalam talian mempunyai kelebihan berbanding sistem pengecaman lain seperti pengecaman *biometric* (seperti dalam Wu, 1999). Antara kelebihan pengecaman tandatangan tulisan tangan ialah tandatangan tulisan tangan hanya boleh dilakukan dalam keadaan sedar. Ini bermakna tandatangan tulisan tangan tidak boleh berpindah milik atau ditandatangani oleh pihak lain tanpa persetujuan daripada pemilik tandatangan. Ini juga bermakna, pemalsuan tandatangan adalah lebih sukar berbanding pengecaman cap jari.

Kelebihan pendekatan rangkaian neural bagi sistem pengecaman tandatangan tulisan tangan meningkatkan keberkesanan sistem keselamatan. Rangkaian neural boleh dilatih menggunakan beberapa contoh tandatangan tulisan tangan yang mewakili seseorang individu. Walaubagaimanapun, bagi memastikan rangkaian neural belajar dengan lebih baik, set data palsu perlu digunakan dalam latihan dan pengujian. Ini bermakna bagi menghasilkan sebuah sistem pengecaman tandatangan yang baik, rangkaian neural perlu dilatih dengan set data yang banyak.

Eksperimen yang dijalankan menunjukkan pendekatan rangkaian neural menghasilkan keputusan yang lebih baik berbanding pendekatan statistik. Walaupun set data palsu turut digunakan dalam kajian, rangkaian menghasilkan 100 peratus pengitlakan. Ini menunjukkan pendekatan rangkaian neural merupakan salah satu daripada teknik yang berpotensi bagi meningkatkan keselamatan transaksi dalam talian.

Rujukan

- Alimoglu, F. (1994). Combining Multiple Classifiers for Pen-based Handwritten Digits Recognition. *M.Sc Thesis*, Bogazici University.
- Anderson, C. (1994) *Document Examination*, NSW Law Society Journal, 1994.
<http://www.docexam.com.au/download.htm#Document>
- Bengio, Y., LeCun, Y., Nohl, C. & Burges, C. (1995). LeRec: A NN/HMM Hybrid for On-line Handwriting Recognition. *Neural Computation*. 7(5), 1289-1303
- Bigus, J., P. (1996). *Data Mining with Neural Networks*, (New York, Mc-Graw Hill.
- Cardot, H., Revenu, M., Victorri, B., dan Revillet, M.(1994). A Static Signature Verification System Based on a Cooperating Neural Networks Architecture, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 8(3), 679-692.
- Dimauro, G., Impedovo, S., Pirlo, G., dan Salzo, S. (1997) A Multi-Expert Signature Verification System for Bankcheck Processing. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 11(5), 827-844.
- Dodel, J. P. & Shinghal, R. (1997). Recognition of Handwritten Worded Amounts on Checks Using Symbolic and Neural Classifiers. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. 11(5), 735-755.
- Dullink, H., Daalen, B. V., Hijhuis, J., Spaanenburg, L., dan Zuidhof, H. (1995). Implementation A DSP Kernel for Online Dynamic Handwritten Signature Verification Using the TMS320 DSP Family, *Technical Report*, Texas Instrument.
- Fillingham, D. (1997). A Comparison of Digital and Handwritten Signatures, *MIT 6.805/STS085: Ethics and Law on the Electronic Frontier*. URL: <http://www-swiss.ai.mit.edu/6095/student-papers/fall97-papers/fillingham-sig.html>

- Guyon, I., Bromley, J., Matic, N., Schenkel, M., dan Weissman, H. (1995). *Penacée: A Neural Net System for Recognizing On-line Handwriting*, In E. Domany, J. L. van Hemmen, & K. Schulten, (Eds.), *Models of Neural Networks, Vol. 3*, 255-279. Springer.
- Guyon, I., Schenkel, M., dan Denker, J. (1996) *Overview and Synthesis of On-Line Cursive Handwriting Recognition Techniques*, In P. S. P. Wang & H. Bunke (Eds.). *Handbook on Optical Character Recognition and Document Image Analysis*, World Scientific Publishing Company.
- Hastie, T., Kishon, E., Clark, M. & Fan, J. (1992). A Model for Signature Verification. *Technical Report*. AT&T Bell Laboratories.
- Kang, M. C. (1998). Dynamic Handwritten Signature Verification System Can Electronic Signature Replace Digital Signature?, URL: <http://home1.pacific.net.sg/~mckang/RNsign.html>
- Kuner, C., dan Miedbrodt, A. (1999). Written Signature Requirements and Electronic Authentication: A Comparative Perspective, URL: http://www.kuner.com/data/sig/signature_perspective.html
- Leclerc, F., dan Plamondon, R. (1994). Automatic Signature Verification: The State of the Art 1989-1993, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 8(3), 643-660.
- Lee, S., dan Pan, J. C. (1992). Offline Tracing and representation of Signature, *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, 22(4), 755-771.
- Malaviya, A. (1996). On-Line Handwriting Recognition with a Fuzzy Feature Description Language. *Ph.D Dissertation*. Oldenbourg Verlag, Munich.
- Manke, S., dan Bodenhausen, U. (1994). A Connectionist Recognizer For On-Line Cursive Handwriting Recognition. *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 94)* 633-636, Adelaide: South Australia

- Manke, S., Finke, M., dan Waibel, A. (1995). *The Use of Dynamic Writing Information in a Connectionist On-line Cursive Handwriting Recognition System*, In Tesauro, et. al., (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 7*, 991-1006
- McCabe, A. (1997). *Implementation and Analysis of a Handwritten Signature Verification Technique*. B.Sc Thesis, James Cook University.
- Mighell, D. A., Wilkinson, T. S., dan Goodman, J. W. (1989) Backpropagation and its Application to handwritten Signature Verification, *Advances in Neural Information Processing Systems 1*, 340-347.
- Musa Md. Lazim, Mohd. Noor Md. Sap dan Dzulkifli Mohamad (1990). *Pengecaman Tulisan Tangan: Keperluan Sistem dan Satu Pendekatan Terhadap Penyelesaian Deterministik*, *Jurnal Teknologi Maklumat*, 1(1), , 44-53.
- Nelson, W., Turin, W., dan Hastie, T. (1994). *Statistical Methods for On-line Signature Verification*, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 8(3), 749-770.
- Powalka, R., Sherkat, N., Evett, L., dan Whitrow, R (1994). *Dynamic Cursive Script Recognition: A Hybrid Approach*, *Advance in Handwriting and Drawing: A Multidisciplinary Approach*.
- Ramesh, V. E. & Murty, M. N. (1999). Off-line Signature Verification Using Genetically Optimized Weighted Features. *Pattern Recognition*, 32(2), 217-233.
- Schenkel, M., Guyon. I dan Henderson, D (1995). On-line cursive script recognition using time delay neural networks and hidden Markov models, *Machine Vision and Applications*, 215-223.
- Schomaker, L., Abbink, G., dan Selen, S. (1994). Writer and Writing-Style Classification in the Recognition of Online Handwriting, *Proceedings of the European Workshop on Handwriting Analysis and Recognition: A European Perspective*, 12-13, London: The Institution of Electrical Engineers.

- Schomaker, L., Teulings, H-L., Abbink, G., dan Helsper, E.(1993). Adaptive Recognition of On-line Connected-cursive Script for use in Pen-based Notebook Computers, *Handout, distributed with demonstrations presented at the IWFHR III, CEDAR, 25-27. Buffalo, USA.*
- Seiler, R., Schenkel, M., dan Eggiman, F. (1994). Off-line Cursive Handwriting Recognition Compared with On-line Recognition, *Technical Report, Swiss Federal Institute of Technology: Zurich*
- Seni, G. (1995). Large Vocabulary Recognition of On-line Handwritten Cursive Words, *Ph.D. Dissertation, State University.*
- Senior, A. W.(1994). *Off-line Cursive Handwriting Recognition Using Recurrent Neural Networks*, Ph.D. Dissertation, *Cambridge University.*
- U.S. Department of Health and Human Services, *Progress Report-February 24, 1992*, U.S: Food and Drug Administration, 1992.
- Wu, J. K., (1999). Biometric Identification and Authentication. In Khoong, C. M. (Ed.). *Beyond the Web Lifestyle*, pp. 94-112.
- Yoshimura, I., dan Yoshimura, M.(1994). Off-line Verification of Japanese Signatures After Elimination of Background Patterns, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 8(3), 692-708