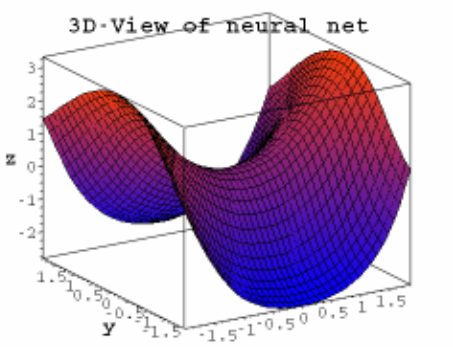
by Ralf Wieland
<rwielandQzalf.de>

About the author:

Mi occupo di ambienti di simulazione, reti neurali e sistemi fuzzy. Questi ultimi sono stati sviluppati su Linux (a partire da 0.99pl12). Mi interesso anche di elettronica e di hardware e del porting di soluzioni su Linux.

Linux e Scienza – Com'è stato sviluppato uno strumento per lo studio delle Reti Neurali



Abstract:

Questo articolo illustra quanto i software basati su Linux siano adatti all'ambiente scientifico. Verrà qui affrontato lo sviluppo di strumenti per la simulazione di uno scenario naturale. Come esempio, introdurremo il simulatore di Reti Neurali rilasciato su licenza GPL.

Translated to English by:
Jürgen Pohl
<sept.sapinsQverizon.net>

Qual'è l'obiettivo?

Lavoro in un istituto di ricerca che si occupa di ricerca sui paesaggi. Affrontiamo problemi come questi:

- Potremo ancora bere acqua tra 50 anni senza problemi?
- Quali piante e animali ci saranno se cambia il clima? Ci saranno ancora foreste e i campi si potranno ancora arare?
- Dove si sposta la polvere dei deserti e come si espandono i deserti?

Ciascuna di queste domande richiede un grande sforzo di ricerca da parte di molti scienziati. Il mio interesse è in come Linux può essere utilizzato per rispondere a queste domande. Per chiarire quest'ultimo punto dobbiamo esaminare più da vicino come vengono condotte queste ricerche. Questi problemi così complessi, come accennato prima, consistono in generale di sottoproblemi. In altre parole, per chiarire, se l'acqua rimane potabile, allora bisogna ricercare i dati per l'acqua. I dati provengono da diverse fonti, l'agricoltura per esempio contribuisce pesantemente all'inquinamento delle acque. Ma quant'è esattamente questo

inquinamento e cosa finisce nell'acqua e in che arco temporale?
Per rispondere a questa domanda, deve essere preso in esame ogni dato, e questo procedimento è affetto da errori. Chi può sapere infatti esattamente quanta parte di inquinamento è trasportata dall'aria, dalle discariche industriali, dall'agricoltura ecc.? Questi dati sono associati anche agli eventi meteorologici, il drenaggio dei terreni e l'evaporazione. Questi fattori variano in dipendenza dei cambiamenti climatici. Per poter studiare questi processi le simulazioni al computer divengono indispensabili. Prima di effettuare una simulazione deve essere determinato un certo numero di vincoli, di parametri e di funzioni. Funzioni e parametri sono estratti da test di laboratorio, test e osservazioni sul campo. Essi descrivono l'assorbimento dei fertilizzanti da parte delle piante, i processi di degradazione del suolo ecc.
La simulazione in sè è basata sugli assunti che riguardano scenari rappresentativi e su questi è eseguita una simulazione Monte Carlo. I dati vengono variati statisticamente e la simulazione viene ripetuta a partire da diverse condizioni iniziali. Il risultato è una collezione di insiemi di dati con diverse probabilità ad essi associate. Questi insiemi vengono poi analizzati e raggruppati a formare una base decisionale. Obiettivo di questo modellamento regionale è la preparazione di cambiamenti possibili e lo sviluppo di strategie per un utilizzo sostenibile del territorio.
Non possiamo predire il futuro ma possiamo prepararci ad esso.
Entrando più in dettaglio, possiamo riconoscere che il lavoro di modellamento consiste di due attività per lo scienziato. Anzitutto, i modelli devono essere adattati allo scenario e gli insiemi di dati devono essere analizzati e presentati adeguatamente. In secondo luogo serve del software specifico per condurre la ricerca.

Un Giorno di Lavoro con Linux

La preparazione del lavoro come l'analisi dei dati, la loro scrematura, la formattazione di dati diversi, la presentazione per l'elaborazione etc., sono tutte operazioni che possono essere eseguite egregiamente con Linux. Anche se si pensa che i vari Excel di turno possano fare tutto, la combinazione di Perl, Emacs, octave [www.octave.org], R [www.r−project.org] etc. si rivela essere una validissima alternativa nella battaglia coi dati. *Perl* è molto versatile e il suo impiego non si limita alla conversione dei dati; può interrogare database (MySQL), eseguire calcoli, etc., è molto performante, riutilizzabile, portabile. In particolare la riutilizzabilità del codice è importante in quanto il lavoro manuale porta con sé errori nei dati e questa fonte di errore si elimina facilmente utilizzando codice ben collaudato. Scrivere articoli con *LaTeX* convince immediatamente attraverso la qualità tipografica del testo. Linux fornisce strumenti che lo rendono estremamente attraente per l'ambito di lavoro scientifico. Non vogliamo nascondere uno svantaggio: si deve avere una certa pratica nell'utilizzare questi strumenti. Non tutto si può fare in modo intuitivo e non tutti sono degli "smanettoni".

Lo sviluppo degli strumenti

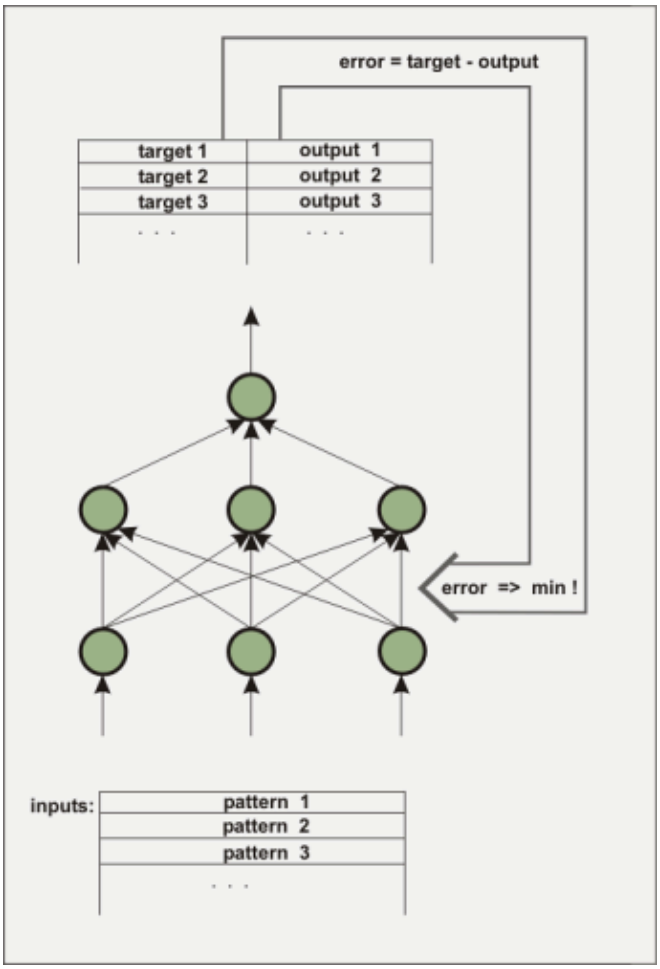
Perché mai uno dovrebbe sviluppare strumenti da sé? Non c'è gia tutto disponibile? Ci sono software per la simulazione estremamente performanti, uno per tutti Matlab [www.mathworks.com]. Per processare dati geografici sono disponibili i Geographic Information Systems (GIS) come ARCGIS [www.esri.com/software/arcgis] o l'equivalente free Grass [grass.itc.it]. Per le statistiche vale lo stesso discorso. Dunque perché sviluppare?
La questione non è la performance del singolo stadio di calcolo ma la interconnessione dei diversi componenti all'interno del sistema globale. In una simulazione le varie attività computazionali sono eseguite da diversi programmi, che potrebbero comunicare tra loro in modo inefficiente, magari attraverso interfacce create dall'utente. Ad accentuare questo aspetto c'è il fatto che i dati sono in quantità massicce (dati spaziali) e con alti margini d'errore. Il cuore del sistema di simulazione deve contemplare questo aspetto. In altri termini un algoritmo deve fornire dati utili all'intera simulazione anche quando è alimentato da dati non perfettamente coerenti, nel qual caso dovrebbe anche segnalare il fatto. L'elaborazione di quantità massicce di dati (matrici con più di un milione di elementi sono la norma) richiede algoritmi altamente efficienti. Algoritmi robusti e performanti possono spesso essere sviluppati da sé.

Lo svantaggio dei sistemi commerciali risiede nella segretezza dei sorgenti. Come possono gli scienziati sviluppare e far circolare modelli se i sorgenti non sono accessibili? Da queste considerazioni si è deciso di sviluppare lo "Spatial Analysis and Modeling Tool" (SAMT) come strumento open source.
E' uno strumento di simulazione che offre la possibilità di manipolare dati, di interfacciarsi con MySQL e con GIS. Contiene le funzioni fondamentali per trattare i dati di origine raster, per manipolare dei raster (blending, distanze, interpolazioni, etc.) e può generare presentazioni bi− e tri−dimensionali dei dati.

Nota: i dati di tipo raster si ottengono dividendo una mappa attraverso una griglia a trama fine. L'informazione è archiviata in strati di dati cosiddetti raster appunto. Un modello accede all'informazione così strutturata in strati. Oltre all'accesso verticale delle informazioni, ha grande rilevanza l'informazione in prossimità di ciascun livello cui si accede. Quest'ultima infatti è la base per il modellamento dei fenomeni connessi
SAMT genera il riferimento nel quale gli strumenti − come il (velocissimo) interprete fuzzy e il neural network tool (*nnqt*) − possono essere impiegati. I modelli fuzzy servono a integrare delle informazioni specifiche nella simulazione. Un esperto può spesso descrivere e persino controllare un processo anche se non ha di esso un modello matematico. In sostanza le Reti Neurali sono processi che ci permettono di derivare delle relazioni funzionali fra delle misure. Quanto segue introduce allo sviluppo delle strumento per lo studio delle reti neurali.

Cos'è una Rete Neurale ?

Una Rete Neurale artificiale consiste di diversi strati. Il primo strato è alimentato dai dati iniziali coi quali si addestra la rete, questi dati sono in forma di numeri floating−point. Lo strato intermedio, tra lo strato di ingresso, ossia quello dei dati, e quello d'uscita, non è direttamente visibile: esso è detto 'hidden layer' (strato nascosto). Spesso sono diversi gli strati nascosti. Lo strato d'uscita dell'esempio è costituito solo di un elemento. Questo tipo di architettura è usato per costruire una funzione a partire da diversi input e un solo output. Gli strati nascosti sono necessari per ricostruire mappe non−lineari, per esempio la funzione x^2−y^2. Come fa una rete a conoscere la funzione attesa? Inizialmente, è ovvio, la rete non conosce la funzione. Le connessioni tra i vari nodi della rete, ovvero l'assegnazione di pesi ai vari elementi, è operata attraverso un procedimento stocastico di assegnazione dei valori. Durante l'apprendimento l'algoritmo prova a cambiare i pesi dei nodi in modo che l'errore quadratico medio tra un output predeterminato e quello così calcolato sia minimo. Esiste una gamma di algoritmi per ottenere questa minimizzazione dell'errore quadratico medio e non la descriveremo qui. In *nnqt* sono implementati tre algoritmi. Il sistema progredisce condizionatamente agli ingressi per un designato output, questo processo è anche detto di 'supervised learning' (apprendimento condizionato).



La rete è istruita per evidenziare se ha raggiunto un livello d'errore accettabile a partire dai dati d'ingresso e dai dati di controllo (è utile suddividere parte dei dati prima della fase di apprendimento per utilizzarli in seguito come dati di controllo per verificare sia la performance del sistema sia l'effettivo apprendimento). L'attribuzione dei pesi ai nodi determina il comportamento della rete. Cosa si può effetivamente fare con una rete? Oltre all'utilizzo di questo strumento in ambito scientifico, c'è una serie di altre applicazioni più o meno convenzionali. Ci sono degli impieghi delle reti neurali per predire quali saranno le tendenze dei mercati finanaziari. Non ho avuto successo in questo ma magari qualcun'altro ce la farà.
Un'altra possibilità interessante potrebbe essere l'uso delle reti neurali per le previsioni meteorologiche a breve termine. I dati delle stazioni di rilevazione meteo, per esempio, potrebbero essere utilizzati per istruire una rete neurale. Utili sarebbero dati come la pressione atmosferica e i suoi cambiamenti, così come i dati sulle precipitazioni. Di fatto le variabili usate nelle stazioni di rilevamento sono questi. Un rete neurale lo potrebbe fare meglio? Per supportare la sperimentazione in ogni direzione *nnqt* è GPL.

Il Neural Net Tool *nnqt*

Gli scienziati cominciarono lo sviluppo del neural network tool con la richiesta che si potessero analizzare i dati raccolti. Volevano uno strumento il più semplice possibile, che potesse essere utilizzato per applicazioni spaziali, vale a dire: volevano poter mettere in relazione i risultati con dei riferimenti spaziali. Naturalmente, ci sono degli eccellenti strumenti per lo studio delle reti neurali sul mercato. Sono disponibili persino strumenti free come SNNS [www−ra.informatik.uni−tuebingen.de/SNNS/] o librerie come fann [fann.sourceforge.net]. SNNS è ottimo, ma non è facile da usare per chi non sa programmare perché fornisce un output in codice C. Il risultato che offre è al di sopra delle esigenze di un utente non esperto. *nnqt* doveva

rispondere a dei requisiti specifici:

- Integrazione con SAMT (utilizzo di dati raster come insieme di apprendimento), utilizzo di reti archiviate nei modelli spaziali)
- Manipolazione interattiva, tecniche di integrazione e di analisi
- Usabilità come strumento esterno a SAMT

Lo Sviluppo di nnqt

Lo sviluppo ha avuto luogo nei seguenti passi:

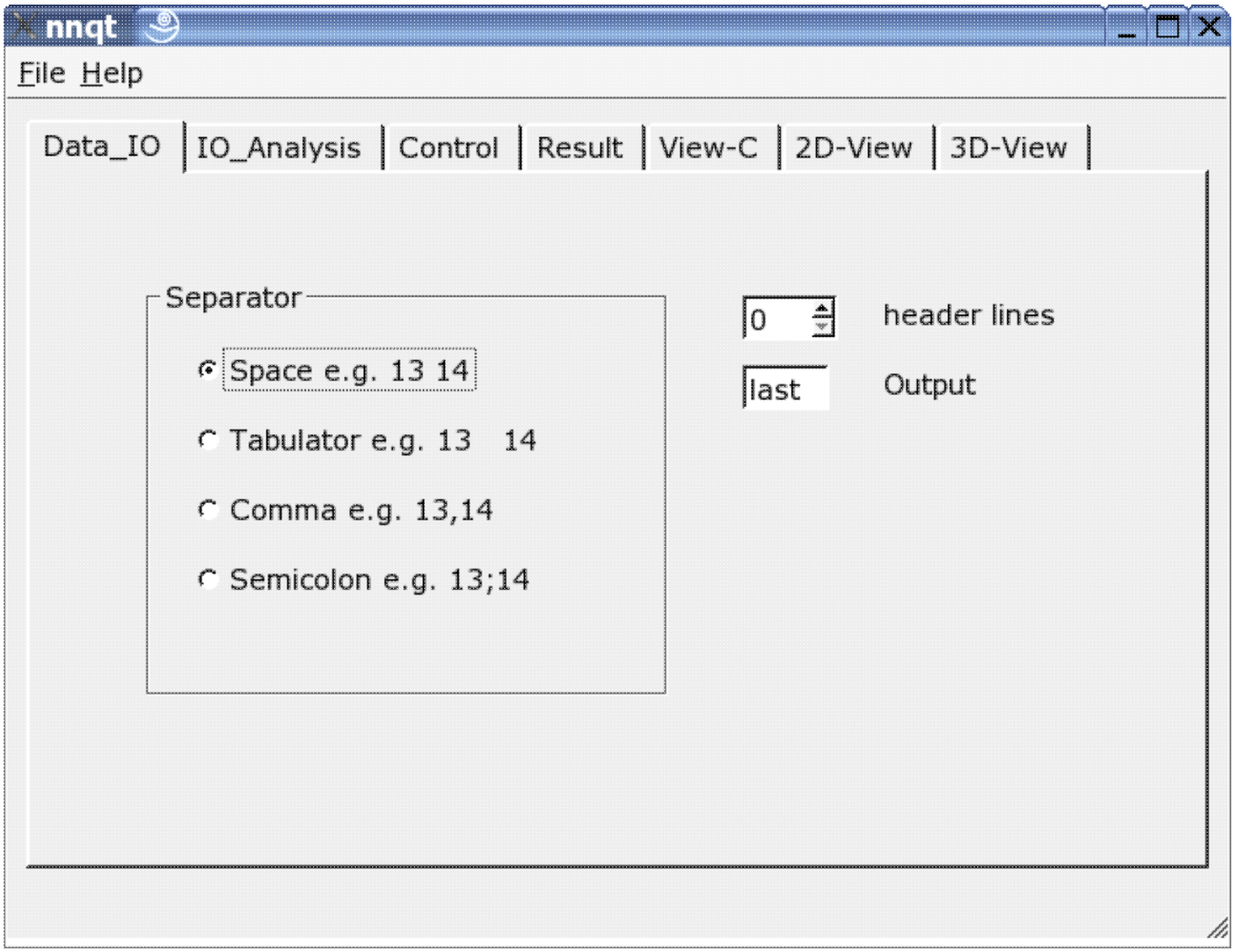
1. Sviluppo e test degli algoritmi
2. Implementazione come applicazione basata su qt
3. Integrazione con SAMT

Sviluppo e test degli algoritmi

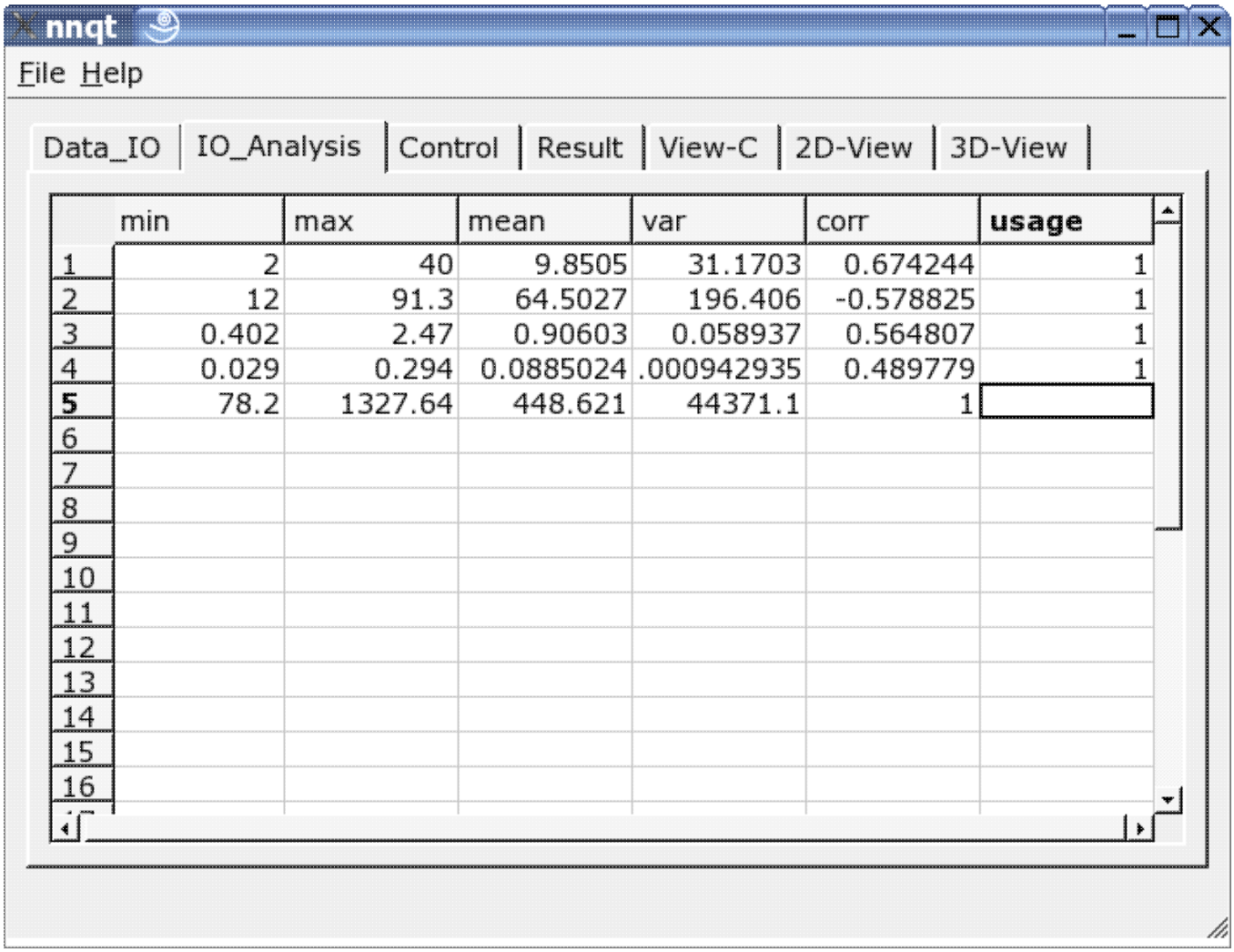
C'è una straordinaria quantità di eccellente letteratura sulle reti neurali. Un testo particolarmente rappresentativo è questo. Tuttavia, si incontra a volte una certa distanza che si colma con la propria esperienza e condividendo l'esperienza altrui. Ho apprezzato l'agile lavoro con Matlab che utilizza l'applicazione dell'algoritmo di Levenberg−Marquardt. Solo dopo una estesa ricerca in internet ho trovato un articolo [www.eng.auburn.edu/~wilambm/pap/2001/FastConv_IJCNN01.PDF][copia locale, 105533 bytes] che descrive l'uso di questo algoritmo nelle reti neurali. Questa è la base. Ho dovuto "solo" integrare la *tanh* (tangente iperbolica) nell'algoritmo, perché la preferisco. Anche per questo ho utilizzato Linux, un software per l'algebra al calcolatore: Maxima [maxima.sourceforge.net]. Con questo sistema è possibile manipolare complesse equazioni, applicare ad esse operatori differenziali e così via, insomma operazioni che non sono sempre semplici da risolvere con carta e penna. Maxima ha reso possibile eseguire le opportune manipolazioni algebriche e implementare la prima versione dell'algoritmo C in nel lavoro di un week−end. L'implementazine C è stata fatta per test e per affinare i parametri. Utilizzando il sistema di simulazione open source desire [members.aol.com/gatmkorn] (i miei ringraziamenti al suo creatore, il Prof. Korn!) come strumento comparativo, ho potuto eseguire i primi calcoli sul modello. Il nuovo algoritmo così implementato non era malaccio. Il tempo ad istruire la rete per il problema *xor*, un test principe per le reti neurali, ha richiesto in media 70ms su un Pentium 3GHz. (Molto di questo tempo è usato nelle operazioni di lettura dall'hard disk, il tempo nei vecchi Athlon 750MHz era infatti appena più alto).
Come alternativa, il ben noto algoritmo di "back propagation" è stato implementato e analizzato. Dopo questa preparazione, che è la base per futuri miglioramenti degli algoritmi, l'implementazione dello strumento è proseguita

Implementazione e Risultati

Come ambiente di sviluppo prediligo *qt*, è ben documentato e posso usare Emacs. Il *qt designer* ti assiste nel disegno della GUI. Nonostante ciò queste opzioni non sono sufficienti nello sviluppo di *nnqt*. Ho avuto bisogno di oggetti come diagrammi, cursori etc. In questo la comunità di sviluppatori si è rivelata, ancora una volta, utile. Le librerie di qwt [qwt.sourceforge.net] e qwt3d [qwtplot3d.sourceforge.net] possono essere utilizzate per abbreviare drasticamente il tempo di sviluppo. Con questi sorgenti, *nnqt* è stato costruito in due settimane. Quando ero soddisfatto del risultato l'ho girato agli utenti. Avevano un sacco di richieste! L'insieme di dati doveva essere diviso automaticamente negli insiemi di addestramento della rete e di test, volevano poter assegnare dei nomi per migliorare l'organizzazione del lavoro, più analisi − come grafici con curve parametriche, etc. Insomma alcune cose ho potuto integrarle facilmente e in poco tempo, per altre ci vorrà più tempo. Ecco alcuni screenshots:

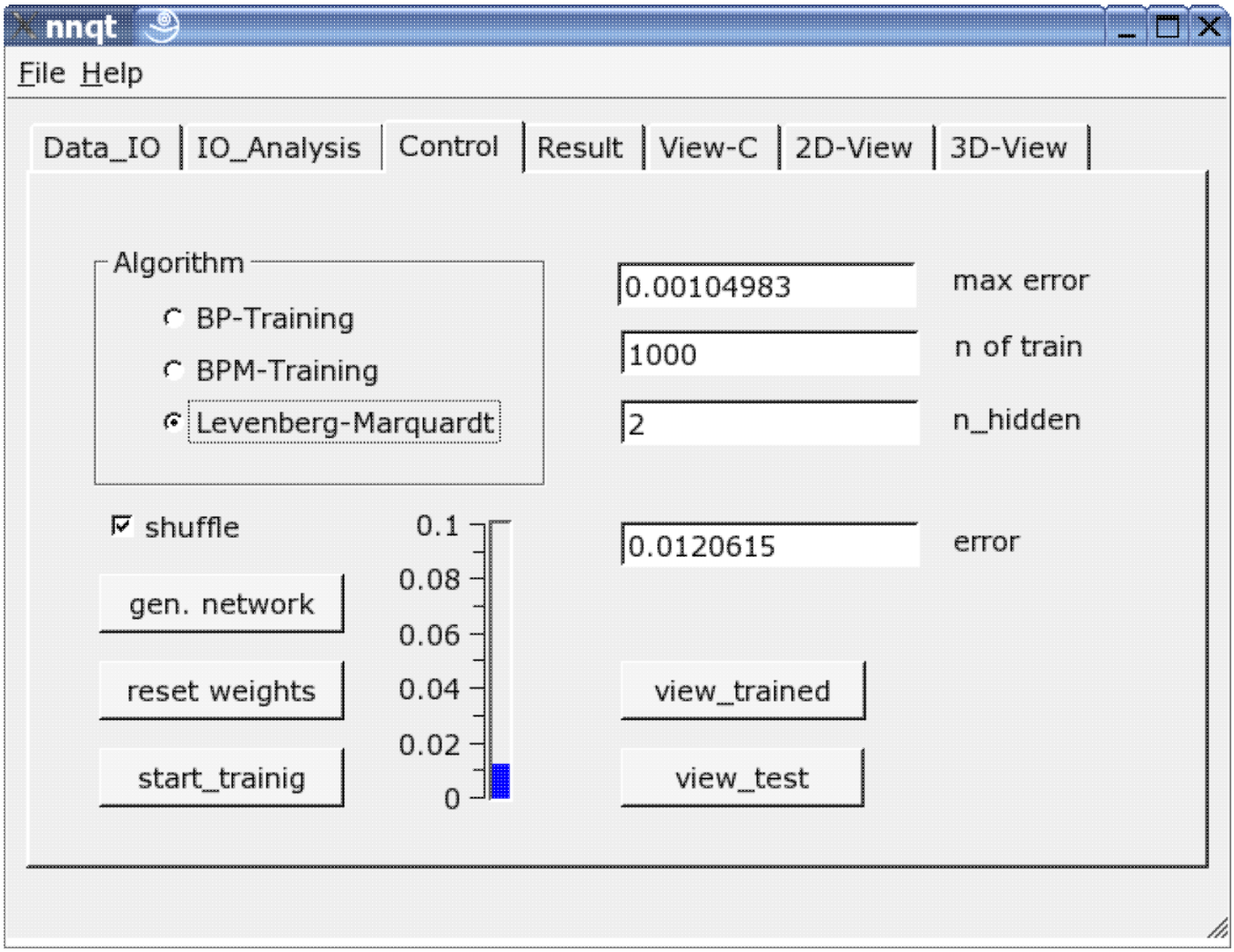


Qui il *reader* può essere adattato ai dati in ingresso. Vari separatori sono consentiti, si possono nascondere delle linee di intestazione e si può scegliere il target dei dati. Nota: il formato di dati deve essere noto, dato che *nnqt* dipende da questi.

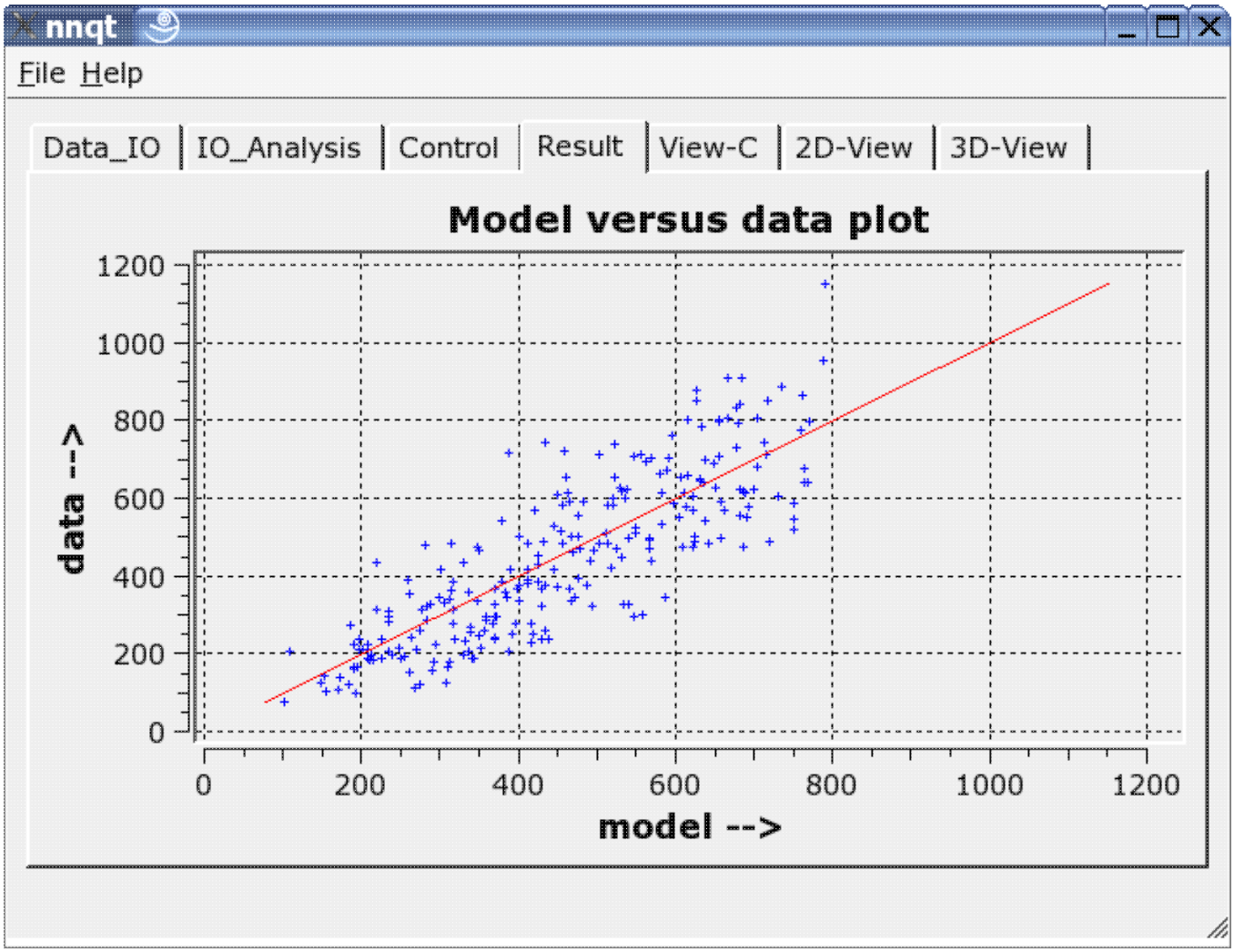


	min	max	mean	var	corr	**usage**
1	2	40	9.8505	31.1703	0.674244	1
2	12	91.3	64.5027	196.406	-0.578825	1
3	0.402	2.47	0.90603	0.058937	0.564807	1
4	0.029	0.294	0.0885024	.000942935	0.489779	1
5	78.2	1327.64	448.621	44371.1	1	
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

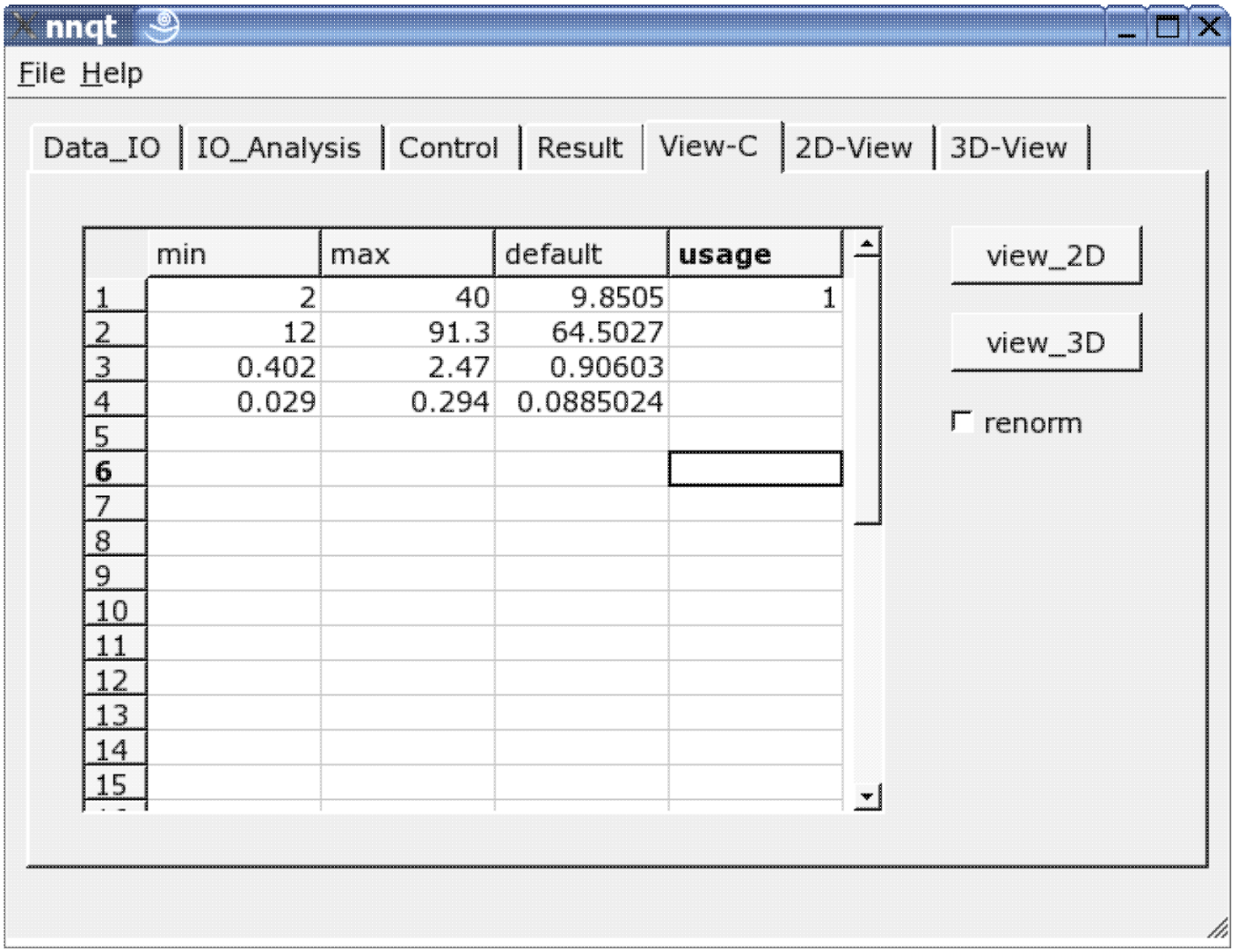
Dopo aver fornito correttamente i dati al sistema possiamo andare alla pagina di analisi. Qui troviamo alcune informazioni sui dati e dobbiamo selezionare i dati per l'apprendimento da tutte le colonne. Un '*1*' nell'ultima colonna indica che il valore è selezionato per l'apprendimento. (Si possono utilizzare fino a 29 valori per l'apprendimento.)



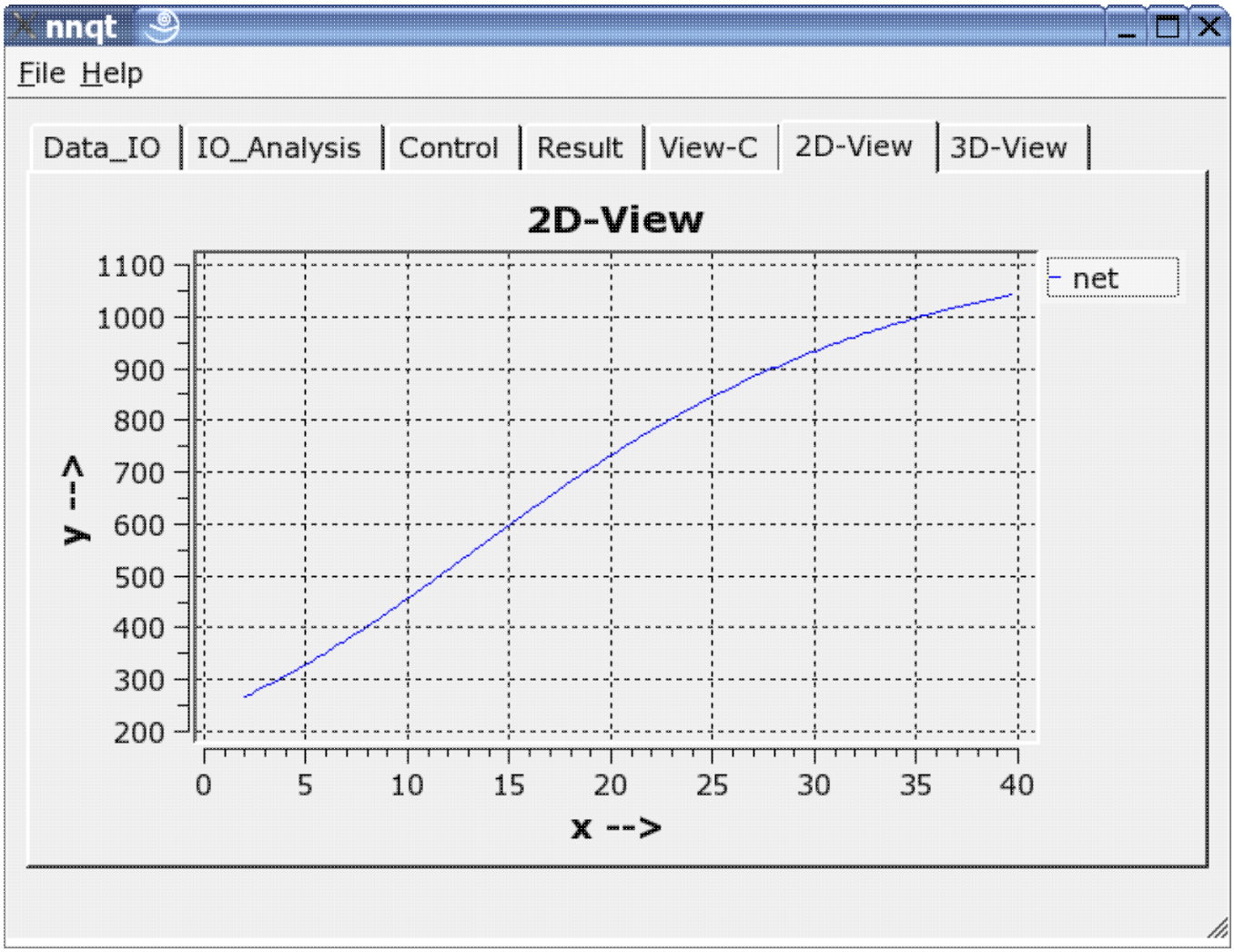
Molto importante è la pagina di controllo. Il numero di elementi nascosti, il numero di passi di apprendimento e l'algoritmo con cui la rete apprende sono definiti qui. L'apprendimento può essere tracciato sul riferimento verticale con una barra e con un valore. Questo deve essere ripetuto finché il parametro iniziale è stocasticamente valutato e il valore ottenuto in uscita è una funzione di questo parametro. Selezionando l'opzione "*shuffle*" si genera una selezione casuale – anziché sequenziale – dei dati di apprendimento. Qualche volta questo approccio si rivela utile. Se siamo riusciti a ridurre l'errore quadratico medio a valori utili alla simulazione, possiamo ottenere i primo grafico premendo il bottone "view_trained":

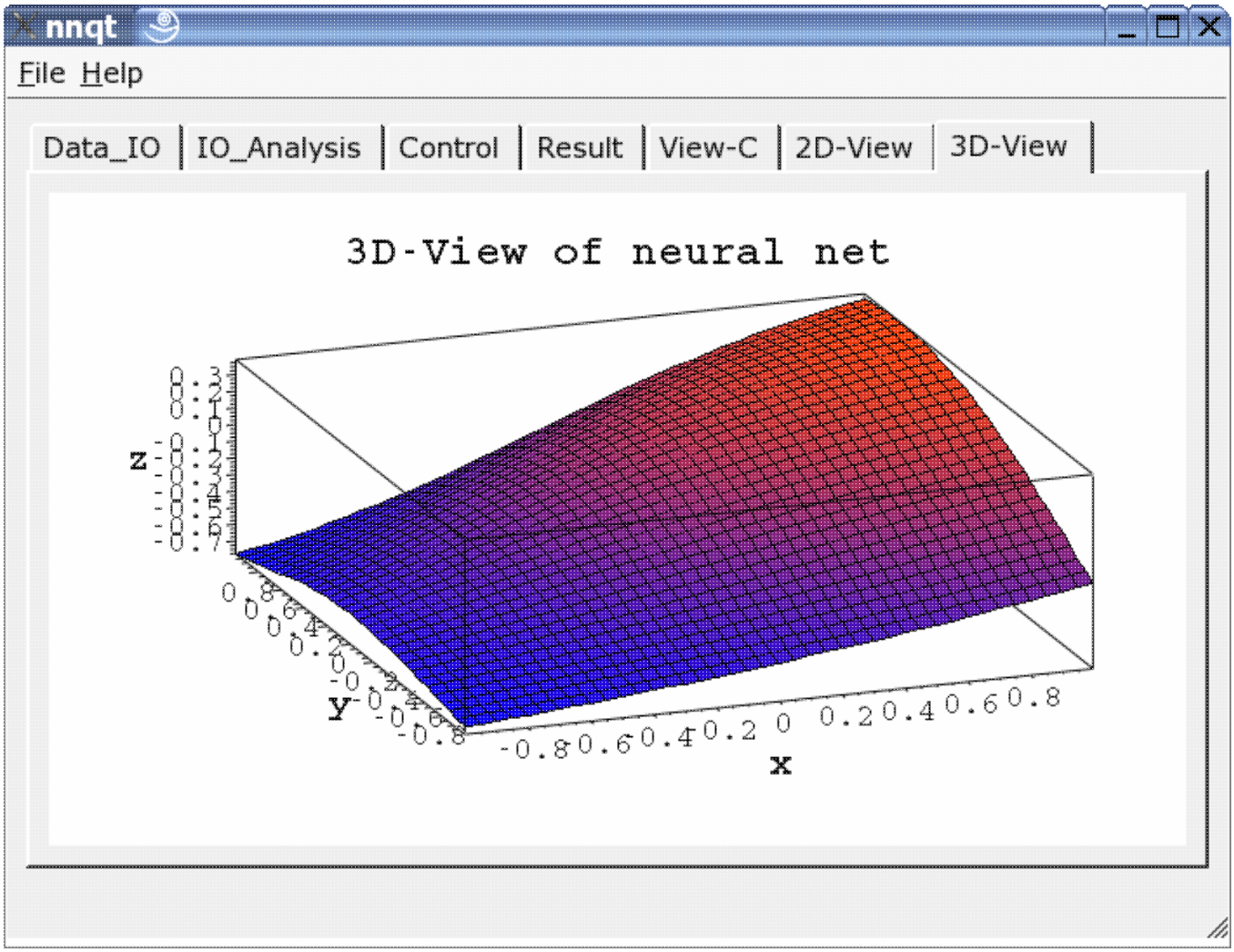


Questo mostra il raffronto dei dati di apprendimento con i dati generati direttamente dalla rete neurale. Teoricamente i dati dovrebbero posizionarsi lungo la diagonale. Ma questa situazione è ideale e non può essere completamente soddisfatta! Tuttavia, i risultati nel complesso sono accettabili. (I dati di controllo – ovvero i dati per i quali non c'è stato apprendimento – sono mostrati in rosso.) Il passo successivo permette lo studio dello sviluppo della funzione. I valori di riferimento devono essere significativi per il sistema. E questo è un aspetto importante, dal momento che il comportamento della rete rimane attendibile per valori di ingresso prossimi ai valori con cui la rete è stata precedentemente istruita.



Si possono scegliere rappresentazioni bi– e tri–dimensionali.


nnqt
File Help
Data_IO
IO_Analysis
Control
Result
View-C
2D-View
3D-View
2D-View
net
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
y -->
0
5
10
15
20
25
30
35
40
x -->



Come si installa *nnqt*

nnqt è codice open source, è stato rilasciato sotto GPL. Chiunque può usarlo liberamente e migliorarlo. E quest'ultima possibilità è particolarmente caldeggiata. L'installazione è semplice. Devono essere installate solo le librerie *qwt* e *qt*. nnqt.tgz è semplice da scompattare (*tar−zxvf nnqt.tgz*). Questo creerà una nuova directory di nome nnqt. Passando a *cd nnqt*, e poi a *qmake* e a *make* si completa l'installazione. Se tutto si è svolto correttamente bisogna fornire alla shell questa variabile con:
export NN_HOME=/path_a_nnqt
Se *nnqt* viene aperto in un'altra shell, i dati e i modelli dovrebbero essere visti da *nnqt*. Spero che vi ci possiate divertire. Per testare il programma è stato incluso un insieme di dati e due input. Qualcuno riconosce qual'è la funzione appresa dalla rete? (è x^2−y^2 nell'intervallo [−2..2].)

Cosa potremmo creare con questo − Sono curioso di conoscere le vostre idee.

Ringraziamenti alla Comunità

Abbiamo dimostrato che Linux è un eccellente ambiente di sviluppo per risolvere problemi scientifici. Ho

potuto sviluppare questo software grazie a codice preesistente di ottima qualità, senza il quale, sarebbe stato impossibile creare uno strumento operativo nel breve tempo di 6 settimane. E' sempre bello poter usare software libero. Per questo, i miei ringraziamenti vanno ai molti sviluppatori il cui lavoro rende possibile tutto quello che facciamo su Linux.

Letteratura

James A. Freeman:
"Simulating Neural Networks with Mathematica", Addison−Wesley 1994

Download

nnqt e i futuri aggiornamenti sono qui: nnqt download

Translation information:
de −−> −− : Ralf Wieland <rwielandQzalf.de>
de −−> en: Jürgen Pohl <sept.sapinsQverizon.net>
en −−> it: Davide Lo Vetere <glitch/at/tiscali.it>

2005−01−10, generated by lfparser_pdf version 2.51