

di Giovanni Pieri

Comitato Ricerca e Innovazione di Federchimica

Massimo Buscema, Vittorio Carlei

Semeion - Trigoria (Roma)

Vittorio Maglia

Direzione Analisi Economiche -

Internazionalizzazione di Federchimica



## LE RETI NEURALI

### Parte 1: Classificazione delle risposte al questionario di Federchimica sul fabbisogno di laureati nell'industria chimica

Il presente articolo è un esempio di applicazione delle reti neurali all'elaborazione di un questionario che Federchimica ha proposto ai propri associati per accertare le loro necessità in materia di formazione universitaria.

Si ritiene che l'esempio interessi i lettori della rivista non solo nel merito, ma anche nel metodo.

Se da un lato è centrale che la preparazione dei laureati in materie chimiche si adegui ai cambiamenti subiti dall'industria chimica in Italia, dall'altro il metodo potrebbe ispirare impieghi tecnici, per esempio nell'elaborazione di dati sperimentali.

Le Reti neurali artificiali (Rna; in inglese Ann, Artificial Neural Networks) sono uno strumento matematico per l'elaborazione di dati, l'effettuazione di previsioni, la classificazione; le Rna, dalla loro nascita, hanno compiuto circa mezzo secolo, ma hanno avuto un esplosivo sviluppo negli ultimi vent'anni e si sono differenziate in una grande varietà di tipi con caratteristiche applicative utili nelle scienze sociali, nella finanza, nelle scienze mediche, fisiche e ingegneristiche. Federchimica, nell'ambito del Comitato per la Ricerca e l'Innovazione, ha ravvisato la necessità di interagire con l'università in materia di formazione dei lau-

reati di tipo chimico, esplicitando le esigenze delle aziende sia in termini quantitativi (numero di laureati assunti nei prossimi anni), sia qualitativi (tipo di preparazione). A tale scopo, a cura della funzione "Analisi economiche-Internazionalizzazione" di Federchimica è stata eseguita un'indagine per mezzo di un questionario inviato agli associati. Il questionario proponeva le seguenti domande:

- associazione di appartenenza
- numero di addetti dell'azienda
- numero di laureati presenti in azienda
- numero di laureati chimici presenti in azienda
- numero di diplomati presenti in azienda

- numero di diplomati chimici presenti in azienda

- importanza dell'assunzione dei laureati nelle funzioni aziendali raggruppate in:

- produzione
- vendite
- laboratori

- numero di laureati chimici da assumere nel prossimo triennio:

- con laurea quinquennale
- con laurea triennale

- corsi di laurea di tipo chimico più importanti per l'azienda

- esigenze di formazione per i nuovi laureati rispetto alla preparazione prima dell'intro-

duzione delle lauree triennali. La risposta è stata chiesta per ciascuno dei tre gruppi di funzioni aziendali, in termini di:

- cultura di base
- specializzazione

Sono state ottenute risposte da 103 aziende, appartenenti a 10 diverse associazioni di settore e con dimensioni fino circa 5.000 addetti. La qualità dei dati è stata decisamente buona, con pochissime risposte incomplete.

Le risposte infine mostravano una notevole coerenza interna, che ha fatto ritenere minima la componente casuale delle risposte. Il database così ottenuto è stato elaborato con metodi statistici ottenendo dei risultati soddisfacenti, dei quali qui riportiamo come esempio solo la previsione totale di future assunzioni da parte del-

how e la sua esperienza in molti campi applicativi delle reti neurali. Semeion dispone di software già collaudato che implementa Rna di vari tipi.

### Rna idonee alla classificazione

Per il problema della classificazione (che risponde al primo quesito) si è fatto ricorso ad un tipo di rete neurale detto Som (Self

processo di ottimizzazione tenderà a distanziare lungo i due assi i punti che rappresentano le variabili più significative, senza che tali variabili siano individuate a priori. Alla fine della costruzione i punti si troveranno collocati secondo le relazioni reciproche: più vicini quelli con relazioni strette, più lontani quelli meno in relazione tra loro. È bene chiarire che quando si parla di relazioni, s'in-



l'industria chimica: nel prossimo triennio si prevede che l'industria chimica assorbirà circa 685 laureati per anno di cui il 25% di laureati triennali.

L'elaborazione statistica peraltro lascia aperti due problemi:

- le risposte sono del tutto indipendenti tra loro, oppure possiedono caratteristiche che le raggruppano in classi con precise relazioni tra le classi e all'interno di ciascuna classe?

- è lecita l'estrapolazione all'universo degli associati a Federchimica (con dimensione media 80 addetti) dal campione dei rispondenti (con dimensione media 280 addetti)? Se sì, qual è la previsione per il numero totale dei laureati?

L'impiego di reti neurali consente di rispondere a questi quesiti. Per questo motivo è nata la collaborazione tra Federchimica e Semeion di Roma, centro di ricerche sull'intelligenza artificiale riconosciuto dallo Stato, centro di eccellenza in Italia per il suo know-

Organising Map, mappa autorganizzata), che è basato sul concetto di distanza tra le risposte. Ogni risposta può essere vista come un punto in uno spazio a più dimensioni, nel quale è dispiegato un sistema di riferimento cartesiano. Ciascuno degli assi rappresenta una delle domande del questionario ed è graduato da una scala su cui possono essere proiettate le risposte. In questo spazio cartesiano i punti che rappresentano ciascuna una risposta possono ritrovarsi collocati più o meno vicini, secondo la similarità o la diversità delle risposte. Questa è la proprietà che si sfrutta per costruire una Som. L'algoritmo della Som proietta i punti che rappresentano le risposte su una griglia bidimensionale a maglie quadrate. I punti vicini vengono collocati in nodi vicini e, se molto vicini, nello stesso nodo. Il processo si ripete iterativamente, riaggiustando la posizione di ogni punto, per conservare al meglio le relazioni di distanza tra i punti.

La mappa è detta autorganizzata perché il

tendono quelle riguardanti similarità e differenze nel modo di rispondere al questionario e non relazioni d'altro tipo non toccate dalle domande. La mappa è pertanto una classificazione delle risposte secondo criteri interni alle risposte stesse.

### Classificazione delle risposte al questionario per mezzo di una Som La matrice del questionario

La tecnica Som sopra descritta è stata applicata alle 103 risposte date al questionario che sono state classificate su una mappa quadrata di 3x3 nodi (9 in totale).

Il numero dei nodi della mappa è stato scelto in base al numero delle variabili incluse nel database e al numero delle risposte. Una mappa con molti nodi in più avrebbe avuto scarso potere classificatorio, perché avrebbe disperso le risposte. Nel caso presente la già citata mappa 3x3 è risultata ottimale.

Nella Figura 1 è riportata la mappa ottenuta per le risposte al questionario Federchimi-

ca. Su ogni nodo è riportato simbolicamente con un cerchio il numero di risposte che la Som ha fatto confluire nel nodo stesso. Le aree dei cerchi sono proporzionali ai numeri, indicati presso ciascuno di essi.

### Classificazione secondo la dimensione aziendale

Sulla Figura 1 i cerchi sono colorati secondo tre classi di dimensioni dell'azienda. Anche in questo caso le tre classi non sono imposte a priori, ma costruite con la mappa. Procedendo dall'alto verso il basso la dimensione dell'azienda tipica del nodo tende ad aumentare con una certa regolarità. L'asse alto-basso che emerge dall'elaborazione con la Som come rappresentativa della dimensione aziendale.

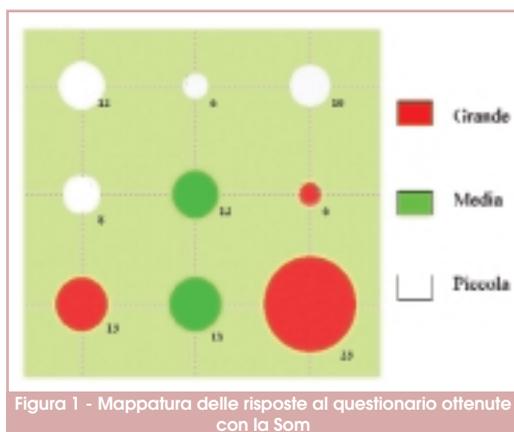


Figura 1 - Mappatura delle risposte al questionario ottenute con la Som

### Classificazione secondo la propensione ad assumere

L'asse sinistra-destra della Figura 2 rappresenta nella mappa la propensione ad assumere, scarsa a sinistra, più decisa a destra. Sono indicati in bianco i nodi in cui vi è una propensione ad assumere sia laureati triennali, sia quinquennali. In rosso sono indicati i nodi dove solo la propensione ad assumere laureati triennali è caratterizzante, in verde i nodi in cui è caratterizzante solo la propensione ad assumere i quinquennali. In nero sono indicati i nodi in cui l'aspetto caratterizzante è la scarsa propensione ad assumere. Due linee suddividono la mappa in zone: a destra della linea nera si trovano i nodi

caratterizzati da una certa propensione all'assunzione di laureati triennali; a destra della linea rossa quello che caratterizza è l'assunzione di laureati quinquennali.

Nella colonna di centro si trovano i nodi caratterizzati esclusivamente dall'uno o dall'altro dei due comportamenti. Interessante è il confronto con la Figura 1. I più piccoli (in alto) preferiscono i laureati quinquennali, mentre quelli relativamente più grandi preferiscono i triennali. Probabilmente questo è segno di una maggiore apertura delle aziende più grandi alle novità in tema di formazione.

### Classificazione secondo l'associazione

La Figura 3 riporta l'associazione, o le associazioni, che caratterizzano ciascun nodo. Ciò significa che il modo di rispondere prevalente in quel nodo si riscontra principalmente negli appartenenti all'associazione

casi: Agrofarma che si estende su due nodi, Avisà su tre e Acfis su quattro. Questo significa che queste tre associazioni sono, rispetto alle altre, meno caratterizzate e meno caratterizzanti. Per esempio nel caso di Agrofarma, i due nodi su cui si estende sono caratterizzati anche da altre associazioni (Assofertilizzanti per un nodo, Acfis e Avisà per l'altro) che hanno con essa alcune somiglianze: Agrofarma assomiglia ad Assofertilizzanti dal lato della clientela (l'agricoltura); dal lato della tecnologia dei prodotti assomiglia ad Acfis e Avisà, perché tutti questi, in definitiva, sono produttori di specialità. Acfis è l'associazione meno caratterizzata: non solo è classificata su quasi la metà dei nodi, ma non c'è alcun nodo che la abbia come caratterizzante unico. Avisà è in una situazione intermedia: si estende su tre nodi, ma caratterizza in modo esclusivo

## Le reti neurali hanno molteplici applicazioni sia sociali sia scientifiche

caratterizzante e che la maggior parte di essi è stato classificato nel nodo.

Se un'associazione caratterizza più di un nodo significa che il modo di rispondere degli appartenenti a quella associazione non è univoco e somiglia di volta in volta a quello di altre associazioni. Ci sono tre

il nodo in basso al centro.

È da osservare che prima delle trasformazioni subite negli ultimi decenni dall'industria chimica la classificazione probabilmente non sarebbe stata così precisa. Allora esistevano molte aziende di grandi dimensioni, differenziate in tutti i campi della chimica, le cui risposte sarebbero state probabilmente poco caratterizzanti. La precisa localizzazione sulla mappa delle varie associazioni riflette quindi l'attuale specializzazione delle aziende chimiche, opposta alla differenziazione diffusa di alcuni decenni fa.

### Classificazione secondo la laurea richiesta

La forte specializzazione delle aziende chimiche attuali si riflette nelle richieste in particolari tipi di laurea. In Figura 4 la mappa riporta una classificazione secondo il tipo di

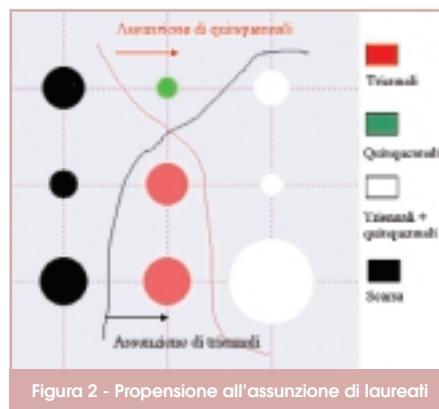


Figura 2 - Propensione all'assunzione di laureati

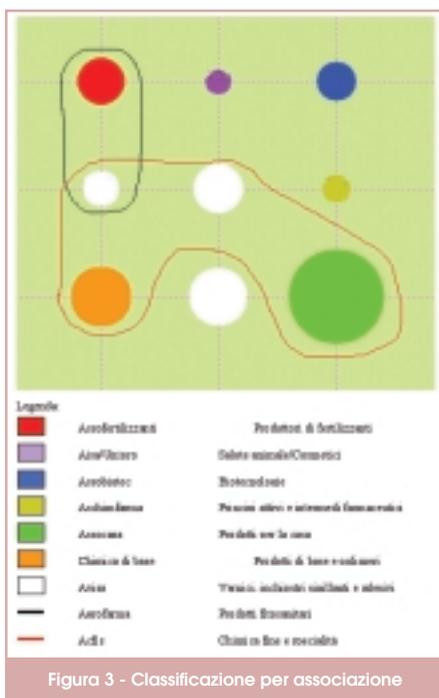


Figura 3 - Classificazione per associazione

ree di tipo biotecnologico. Il fatto che la zona delle biotecnologie sia più ristretta di quella di CTF mostra con evidenza che la penetrazione delle biotecnologie nelle aree più tradizionalmente chimiche non è ancora significativa; lo è solo per chi ha specificamente scelto le biotecnologie come propria missione.

Le lauree in chimica ed in chimica industriale sono richieste nella parte da media a inferiore del diagramma, con al centro un'area di sovrapposizione, nella quale entrambe le lauree sono richieste. Se ricordiamo che i nodi della parte superiore rappresentano aziende tipicamente più piccole, osserviamo che la minore dimensione comporta richieste più specifiche, come CTF, biotecnologie e lauree non chimiche. La laurea in chimica è richiesta tipicamente nel lato sinistro del diagramma, caratterizzato dalla chimica di base, mentre la lau-

Coerentemente con quanto sopra, notiamo che la propensione ad assumere ingegneri chimici è caratterizzante solo per i due nodi in basso a destra ed a sinistra, che comprendono aziende di maggiori dimensioni.

### Conclusioni

L'impiego di una mappa autorganizzata permette di classificare le risposte al questionario, che Federchimica ha diffuso tra i propri associati, per rilevare i loro orientamenti in materia di formazione universitaria. La classificazione si svolge su due assi tra loro indipendenti: la dimensione aziendale misurata dal numero di addetti e la propensione ad assumere laureati.

La richiesta di lauree triennali caratterizza meglio le aziende più grandi mentre le più piccole sembrano più caute nell'accettare questa novità. Sulla mappa si posizionano le aziende appartenenti a varie associazioni di

laurea più richiesta. Le linee colorate tracciano i confini delle zone in cui un determinato tipo di laurea è richiesta. Nell'angolo in alto a sinistra si trovano quelle aziende che sono caratterizzate dalla richiesta di lauree non chimiche.

In questa zona si trovano le associazioni per i fertilizzanti, la salute animale, i fitofarmaci ed i cosmetici, rispettivamente Assofertilizzanti, Aisa, Agrofarma e Unipro.

Nell'angolo in alto a destra si trova una zona, speculare alla precedente, in cui c'è richiesta per CTF. In essa si trovano di nuovo Aisa e Unipro oltre a Aschimifarma e Assobiotech. La correlazione tra le attività di queste associazioni e la loro propensione alle assunzioni di CTF è evidente.

All'interno di questa zona si trova una zona più ristretta, che comprende solo Assobiotech, nella quale vi è richiesta di lau-

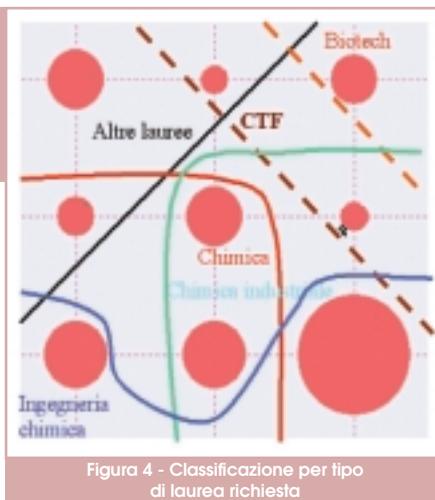


Figura 4 - Classificazione per tipo di laurea richiesta

rea in chimica industriale dal lato destro, caratterizzato meglio dalle specialità. Questo comportamento appare coerente: le specialità richiedono un impegno maggiore nel passaggio dal laboratorio alla produzione, e per questa attività si preferiscono i chimici industriali. Il passaggio alla produzione nella chimica di base richiede competenze impiantistiche molto specifiche, soddisfatte forse meglio da ingegneri che da chimici.

settore, ciascuna delle quali si caratterizza per la sua dimensione tipica e per la propensione più o meno grande ad assumere laureati. Le associazioni che hanno per campo di azione settori ben delimitati della chimica, rispondono in modo ben caratterizzato e sulla mappa le risposte dei loro aderenti si situano in un unico nodo. Al contrario le associazioni con campi di azione meno specializzati (ad esempio la chimica fine e specialità) hanno modi di rispondere che si spargono in più nodi della mappa.

Sulla mappa le aziende con la propensione ad assumere tipi di lauree diverse occupano posti diversi, in accordo con la necessità di una chimica specializzata. Anche la richiesta di lauree differenti da quelle chimiche tradizionali, (CTF, agraria, biotech) rispecchia la necessità di ulteriore specializzazione delle aziende chimiche.