



DESVENDANDO O USO DE REDES NEURAI EM PROBLEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS

*Fernando C. de Almeida

Uma visão geral do potencial e do funcionamento do uso de redes neurais em administração, através de exemplos e ilustrações mais acessíveis ao leitor não-familiarizado com conceitos de informática.

A global view of possibilities of neural networks in management, through examples and illustrations to a reader not familiar with information technology.

PALAVRAS-CHAVE:

Redes neurais, apoio à decisão, novas tecnologias de informação, uso estratégico da informação.

KEY WORDS:

Neural networks, decision support, new information technologies, strategic use of information.



*Pesquisador da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP.

As redes neurais estão propondo soluções interessantes a problemas de várias áreas de administração, como finanças, *marketing*, vendas e compras, ou mesmo recursos humanos. Apresentamos neste artigo alguns exemplos práticos e especulações sobre seu potencial. É uma tecnologia recente, e diversas áreas de aplicação estão por ser exploradas.

As redes neurais estão provocando grande impacto em empresas americanas, como o Chase Manhattan Bank¹ ou a Sears Mortgage², permitindo-lhes obter reduções consideráveis de custos em análises de crédito.

O sistema da empresa Sears Mortgage permite-lhe avaliar automaticamente entre 60 e 70% dos pedidos de crédito, gerando assim redução de custos, uma vez que, em um mesmo espaço de tempo, um maior número de pedidos pode ser analisado usando-se no entanto o mesmo número de funcionários. Em consequência, sobra aos analistas mais tempo para analisar com maior cuidado pedidos que exijam um estudo mais profundo. Constata-se efetivamente um aumento de 4% no volume de crédito concedido, e um aumento do risco de apenas 2%.

O Chase Manhattan desenvolveu um sistema com redes neurais que permite avaliar automaticamente a utilização de cartões de crédito e identificar operações fraudulentas a partir de cartões roubados. Esse sistema alcança um nível de precisão 30% superior ao dos métodos utilizados até então.

Novas tecnologias de informática frequentemente tornam mais competitivas as empresas que delas souberam tirar proveito antes da concorrência. Provavelmente é o caso do Chase ou da Sears.

Esses sistemas lhes permitem tanto reduzir os custos quanto oferecer um serviço diferenciado aos clientes: o fato de uma empresa dispor de certas informações possibilita-lhe aumentar o valor agregado de seu produto ou reduzir seus custos em relação àquelas que não possuem o mesmo tipo de informação. Utilizando o sistema baseado em redes neurais, o Chase poderá reduzir significativamente os custos ocasionados por créditos não reembolsados. Esse sistema proporciona também um melhor serviço ao cliente, evitando rapidamente que seu cartão roubado seja utiliza-

do. Essas aplicações, dentre outras, como previsão de vendas na área de *marketing*³ ou seleção de pessoal na área de recursos humanos⁴, indicam o grande potencial dessa tecnologia.

REDES NEURAS OU SISTEMAS ESPECIALISTAS?

Quando falamos em redes neurais, estamos falando na criação de bases de conhecimentos, de sistemas inteligentes. Mas atenção! Não há semelhança alguma entre as redes neurais e os sistemas especialistas ou aplicações de inteligência artificial. São conceitos e princípios de funcionamento radicalmente diferentes. Os sistemas especialistas procuram criar modelos do conhecimento e da experiência de um especialista. O processo de raciocínio do especialista é muitas vezes representado pelo que se chamam regras de produção do tipo "se condição então ação"⁵. Essas regras são cuidadosamente coletadas por um engenheiro do conhecimento por meio de entrevistas com um especialista da área na qual se quer criar a base de conhecimento. A interpretação e a formalização do conhecimento do especialista têm sido a grande dificuldade de criação desses sistemas⁶. Tenta-se formalizar um conhecimento que é muitas vezes subjetivo. Além do conhecimento formal, outros elementos, como intuição, sensibilidade ao problema etc. são utilizados pelo especialista. E dificilmente são formalizáveis por meio de regras⁷.

Mas as redes neurais não precisam de um especialista para a criação de sua base de conhecimentos. Por um lado, não trabalham com regras. Por outro, sua aquisição de conhecimento é feita automaticamente a partir de exemplos coletados em bancos de dados.

GARIMPAGEM DE INFORMAÇÃO EM BASES DE DADOS

A utilização de dados na criação de bases de conhecimento é o conceito-chave das redes neurais. A pergunta que as redes neurais vêm responder é a seguinte: o que fazer com os *gigabytes* acumulados nos computadores das empresas? Resposta: criar bases de conhecimento. O uso eficaz dos dados disponíveis transformados em informação é um elemento crítico para o

1. ROCHESTER, J. B. New business uses for neurocomputing. *I/S Analyser*, v. 28, n. 2, Feb. 1990.

2. SMITH, J. C. A Neural network-could it work for you? *Financial Executive*, n. 6, May/June 1990, p. 26-30.

3. MAGNIER, J. P. Utilisation des réseaux de neurones pour le développement de systèmes d'aide à la décision. Montpellier: Institut d'Administration d'Entreprises, 1991, (mimeo).

4. ROCHESTER, J. B., Op. cit.

5. LEVINE, P., POMEROL, J.C. *Systèmes interactifs d'Aide à la décision et systèmes experts*. Paris: Hermès, 1989.

6. RETOUR, D. *Les systèmes experts aux États-Unis*. Grenoble: Institut d'Études Commerciales, 1984.

7. KOHONEN, T. An introduction to neural computing. *Neural Networks*, v. 1, 1988, p. 3-16.

A utilização de dados na criação de bases de conhecimento é o conceito-chave das redes neurais. A pergunta que as redes neurais chegam para responder é a seguinte: o que fazer com os *gigabytes* acumulados nos computadores nas empresas?

bom desempenho das atividades da empresa. Sua importância aumenta a cada dia. Na verdade, um dado se transforma em informação quando ganha um significado para seu utilizador. Senão, continua sendo simplesmente um dado. A rigor, a informação é um dado tratado. É esta a proposta da garimpagem de informação em bancos de dados através das redes neurais. Tratar os muitos *gigabytes* de dados de maneira eficaz a fim de que se tornem informação útil à tomada de decisão⁸.

Com a evolução da tecnologia de informática, alcançou-se um estágio em que os dados se tornam facilmente acessíveis e manipuláveis por meio de sofisticados sistemas de consulta, como os Executive Information Systems (EIS). O próximo passo da tecnologia de informática é o uso desses dados de maneira ativa e não simplesmente sua disponibilidade e consulta por

meio de bancos de dados relacionais e EIS. Três pontos essenciais deverão ser explorados nos sistemas daqui em diante:

- filtragem dos dados: a tecnologia de informática deve permitir filtrar o grande volume de dados existente nos bancos de dados das empresas e fornecer somente a informação necessária ao executivo, ao tomador de decisão;
- criação de modelos: uma vez filtrados os dados necessários, a tecnologia de informática deve permitir a criação de modelos, de bases de conhecimento, a fim de aumentar a utilidade da informação obtida⁹;
- ajuda ativa: os sistemas de apoio à atividade gerencial não deverão ser simplesmente sistemas de consulta, mas deverão passar a exercer uma função ativa na tomada de decisão, propondo soluções e respostas baseadas em conhecimento obtido nas bases de conhecimento¹⁰.

Esses novos tipos de sistemas, que oferecem os recursos de filtragem, criação de modelos e principalmente uma ajuda ativa ao tomador de decisão representarão uma evolução frente à maioria dos sistemas passivos atuais, que permitem apenas e tão-somente análises de cenários. Os sistemas à base de conhecimento e principalmente as redes neurais vêm justamente enriquecer os sistemas tradicionais nesse sentido. Estas últimas servem como filtro dos dados, permitindo a identificação do dado útil. A partir da garimpagem dos dados, as redes neurais criam modelos do

Como qualquer sistema de informática, uma rede neural passa por duas etapas. Primeiro temos a etapa de criação da rede, isto é, a aquisição automática de conhecimento do problema. É o que se chama etapa de aprendizado. A próxima etapa é a utilização da rede e do seu conhecimento enquanto especialista no assunto que aprendeu.

Podemos fazer uma analogia com o processo de aprendizado humano. Suponhamos que queiramos aprender a identificar a origem de vinhos franceses pela sua degustação (*bordeau, borghonha, côtes-du-rhone* etc.). Para isso, pegamos algumas garrafas de cada tipo de vinho, digamos cinco de cada. Na primeira etapa, a de aprendiza-

do, experimentamos os vinhos um a um e tentamos identificá-los por seu paladar, perfume etc. Em seguida verificamos a etiqueta para ver se acertamos. Se errarmos levaremos isso em conta e tentaremos aprender algo com nosso erro. Voltamos a prová-los a fim de tentar assimilar suas características. Por um processo iterativo, experimentamos e reexperimentamos os vinhos até sermos capazes de identificar todas as garrafas que selecionamos segundo sua origem. Acabou-se então nossa etapa de aprendizado. O que aconteceu no nosso cérebro? A sua rede de neurônios armazenou o conhecimento que nos permite distinguir os tipos de vinho. As redes neurais aprendem exatamente da mes-

8. ROCHESTER, J. B. Op. cit.

9. BENJAMIN, R. I., BLUNT, J. Critical it issues: the next 10 years. *Sloan Management Review*, v. 33, n. 4, Summer, 1992, p. 7-20.

10. KEEN, P. G. W. Decision support systems: the next decade. *Decision Support Systems*, n. 3, 1987, p. 253-65.

conhecimento que não só permitem ao usuário apoiar sua tomada de decisão em um "consultor", um "especialista" em determinado assunto, mas também indicam caminhos de decisão.

ORIGENS E PRINCÍPIOS DAS REDES NEURAIS

Em termos práticos, as redes neurais são criadas por meio de pacotes, *softwares* que muitas vezes funcionam em microcomputador. Por meio desses pacotes, o usuário irá indicar a estrutura da sua rede para determinada aplicação.

As redes neurais têm sua origem em pesquisas neurológicas, e seu modelo de base é o cérebro humano¹¹. Como no cérebro humano, as redes neurais possuem neurônios interconectados de modo que os dados os percorram. Sem dúvida, trata-se de um modelo simplificado, mas, como no cérebro humano, esses neurônios transmitem informação através de sinapses ou conexões.

Em vez de trabalhar com regras explícitas como os sistemas especialistas, as redes neurais utilizam critérios mais complexos e implícitos, baseados no aprendizado a partir de exemplos. Não há, no caso das redes neurais, uma codificação de programas a fim de introduzir o conhecimento sobre um problema.

Então, por um processo iterativo chamado processo de aprendizado, as redes neurais lêem os exemplos fornecidos sobre um problema e criam assim um modelo de resolução. Elas são bem adaptadas a

ma maneira. Introduzimos exemplos daquilo que queremos que aprendam. Por um processo iterativo e automático, elas aprendem a resolver o problema. No caso de uso dessas redes neurais para a avaliação de riscos de inadimplência, o *software* lê os dados de empresa por empresa de base de dados e aprende a distinguir as inadimplentes das não-inadimplentes pelas suas características (endividamento, rentabilidade etc.).

Acabada a etapa de aprendizado, passamos à de utilização do conhecimento adquirido. No caso dos vinhos, deveremos agora ser capazes de distinguir os *bordeaux* dos *borgonhas*, dos *côtes-du-rhone* etc. Mesmo que não sejam dos mesmos produtores ou dos

Esses novos tipos de sistemas oferecendo recursos para filtragem, criação de modelos e principalmente uma ajuda ativa ao tomador de decisão serão uma evolução em relação à maioria dos sistemas passivos atuais que permitem apenas e tão-somente análises de cenários.

dois tipos de tarefas: reconhecimento de formas e generalização¹².

No primeiro caso, fornecemos à rede exemplos de coisas que queremos que ela reconheça no futuro. É o caso do seu uso na análise médica de imagens ou visão por computador. Por exemplo, o departamento de medicina da universidade da Califórnia desenvolveu um sistema que faz o diagnóstico de infarto do miocárdio. O sistema identifica corretamente 92% dos pacientes com infarto do miocárdio e 96% dos pacientes sem problema. Tal desempenho é significativamente superior a um diagnóstico feito por qualquer outro método usado¹³.

O segundo tipo de tarefa é a generaliza-

mesmos anos. É o que se espera da rede neural, uma vez que ela passou pela etapa de aprendizado.

Outro detalhe importante é o grau de conhecimento adquirido pela rede. Esse grau é na verdade função da quantidade de exemplos. Da mesma forma que nossa capacidade de identificar os vinhos é função da quantidade de vinho que fomos capazes de degustar. A grande diferença entre nós e a rede é que nós atingiremos rapidamente nosso limite de fadiga, ou de embriaguez! Mas uma rede neural não se cansa, e pode ler tantos exemplos quantos a base de dados for capaz de fornecer.

11. KOHONEN, T. Op. cit.

12. DUTTA S., SHEKHAR, S., WONG, W.Y. *Decision support in non-conservative domains: generalization with neural networks*. Paris: INSEAD, 1992, (Working Paper, 92-31).

13. BAXT, W.G. Use of an artificial neural network for data analysis in clinical decision-making: The diagnosis of acute coronary occlusion. *Neural Computing*, v. 2, 1990, p. 480-89.

C A N

ESTADOS UNIDOS



M

M

M

M

Os Estados Unidos não têm esse nome à toa. Eles possuem a economia mais poderosa do planeta, um sistema político moderno e eficiente. São donos de excelentes índices de produtividade e o nível de vida da população é um dos melhores do mundo.

Mas, engraçado, apesar de toda essa força econômica, os Estados Unidos só têm dois jornais maiores que a

Folha de S. Paulo. E, cá entre nós, a diferença entre eles e a Folha é pequena. Nos últimos anos a Folha cresceu como nenhum outro jornal. Ela é hoje, de uma só vez, o maior jornal de São Paulo, do país, o maior veículo de mídia impressa do Brasil e, aos domingos, o maior jornal do Hemisfério e o 3º maior das Américas. A Folha chega a imprimir 1.400.000

exemplares aos domingos. A tiragem anual consome cerca de 100 mil toneladas de papel e mais de 1 milhão de litros de tinta. Esses números deixam americanos impressionados, funcionários da Folha orgulhosos e leitores muito satisfeitos. E provam que, em matéria de jornais, a gente não deve nada aos Estados Unidos. Quem dera se fosse assim com a dívida externa.

RANKING EUA	Exemplares
1. The New York Times	1.767.836
2. Los Angeles Times	1.502.120
3. Folha de S. Paulo	1.330.563
4. Detroit News and Free Press	1.172.769
5. Washington Post	1.163.333
6. Chicago Tribune	1.110.552

100 milhões
de leitores a mais.
Um PIB 1.270%
maior. E apenas
2 jornais maiores
que a Folha.



Tabela 1: Índices financeiros

R1 = vendas líquidas/ativo total	R2 = total exigível/total ativo
R3 = fluxo de caixa/vendas líquidas	R4 = ativo circulante/passivo circulante
R5 = receita bruta/total de juros pagos	R6 = log (ativo total)

Tabela 2: Um exemplo de dados apresentados para as redes neurais

Empresa	Índices das empresas						Situação das empresas
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
Empresa 1	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R ₁₆	Inadimplente
Empresa 2	R ₂₁	R ₂₂	R ₂₃	R ₂₄	R ₂₅	R ₂₆	Inadimplente
Empresa 3	R ₃₁	R ₃₂	R ₃₃	R ₃₄	R ₃₅	R ₃₆	Inadimplente
Empresa 4	R ₄₁	R ₄₂	R ₄₃	R ₄₄	R ₄₅	R ₄₆	Sã
Empresa 5	R ₅₁	R ₅₂	R ₅₃	R ₅₄	R ₅₅	R ₅₆	Inadimplente
Empresa 6	R ₆₁	R ₆₂	R ₆₃	R ₆₄	R ₆₅	R ₆₆	Sã

ção. Nesse caso apresentam-se exemplos de determinado problema para que a rede seja capaz de generalizar quando situações similares se apresentarem. Um exemplo é a utilização de uma rede neural para a avaliação de riscos de inadimplência de empresas. Apresentamos exemplos (chamados fatos ou simplesmente dados) de empresas inadimplentes e outras não inadimplentes. A rede irá aprender a diferenciar os dois tipos de empresa a partir de exemplos fornecidos. Uma vez que ela adquiriu esse conhecimento, será capaz de classificar corretamente novas empresas ou então indicar o seu risco de inadimplência. A generalização é na verdade o tipo de aplicação mais corrente em administração. Em vez de avaliar riscos de inadimplência, a rede poderia ser treinada a fazer uma previsão de vendas ou dar sua opinião sobre o interesse em contratar determinado candidato a certo cargo ou ainda indicar o interesse ou não em comprar determinada ação na Bolsa.

O processo de introdução dos dados é bastante simples, e a criação da base de conhecimentos não requer que o usuário conheça processos de aprendizado ou a tecnologia subjacente. O aprendizado é automático, e existem *softwares* de redes

neurais prontos até para microcomputadores. Eles estão evidentemente vazios no que diz respeito ao conhecimento, como é o caso de uma planilha eletrônica (Lotus, Excel etc.), onde o utilizador irá desenvolver sua própria aplicação. No caso das redes neurais, cabe ao usuário fornecer os dados a serem levados em conta e indicar à rede o que ele quer que ela aprenda.

UM EXEMPLO DE FERRAMENTA NO APOIO À DECISÃO DE CRÉDITO

Nossos trabalhos de pesquisa nos levaram a explorar o uso de redes neurais como instrumentos de apoio à avaliação de riscos de inadimplência¹⁴. Nesse caso as redes neurais aprenderam a identificar o risco de que uma dada empresa venha a se tornar concordatária num futuro próximo (dois anos). Vejamos então como é o aprendizado e o uso dessa rede.

O processo é dividido em duas etapas. A primeira é a etapa de aprendizado da rede, em que ela adquire o conhecimento do problema. A segunda etapa é o uso da rede, em que ela, já treinada, contendo o conhecimento do problema, é utilizada.

Primeira etapa

Inicialmente escolhemos variáveis que permitam avaliar uma empresa. Índices financeiros são as variáveis normalmente utilizadas na criação de ferramentas de análise de riscos de inadimplência.

Um dos grupos de variáveis que escolhemos para a nossa pesquisa é mostrado na tabela 1.

Selecionamos então um conjunto de empresas, inadimplentes e sãs e coletamos seis índices financeiros para cada uma delas. Essa massa de dados será então utilizada para fazer com que a rede aprenda a distinguir os dois grupos de empresas. Veja na tabela 2 como esses dados são organizados para serem apresentados à rede.

Cada linha é formada por uma série de dados de uma empresa inadimplente ou sã. Eles são apresentados à rede ainda sem conhecimento, que irá aprender a distinguir as empresas boas das más. Esse aprendizado se dará automaticamente, e o tempo necessário será função de fatores como o número de exemplos que fornecemos, a estrutura da rede, e, sem dúvida, a velocidade do computador utilizado. Em nossa

14. DE ALMEIDA, F. C. *L'Évaluation des risques de défaillance des entreprises à partir des réseaux de neurones insérés dans les systèmes d'aide à la décision*. Grenoble: Université de Grenoble, École Supérieure des Affaires, 1993. (Tese de doutorado).

pesquisa, em um micro 486-50Mhz, uma rede levou aproximadamente oito minutos para aprender a distinguir corretamente 180 empresas de um grupo de 45 inadimplentes e 135 sãs.

Findo o aprendizado, a rede passa a guardar na sua estrutura o conhecimento necessário para distinguir empresas inadimplentes de sãs a partir dos seis índices financeiros usados no seu aprendizado.

Segunda etapa

Na verdade, queremos não apenas que a rede aprenda a distinguir as empresas inadimplentes das sãs, no grupo de empresas que lhe apresentamos, mas que seja capaz de generalizar seu conhecimento para identificar riscos de inadimplência de outras empresas que não fizeram parte de seu aprendizado.

A rede treinada na primeira etapa é capaz de nos fornecer, a partir dos dados de uma empresa qualquer, seu risco de inadimplência. Começamos então a usar a rede como base de conhecimento, como instrumento de apoio à decisão.

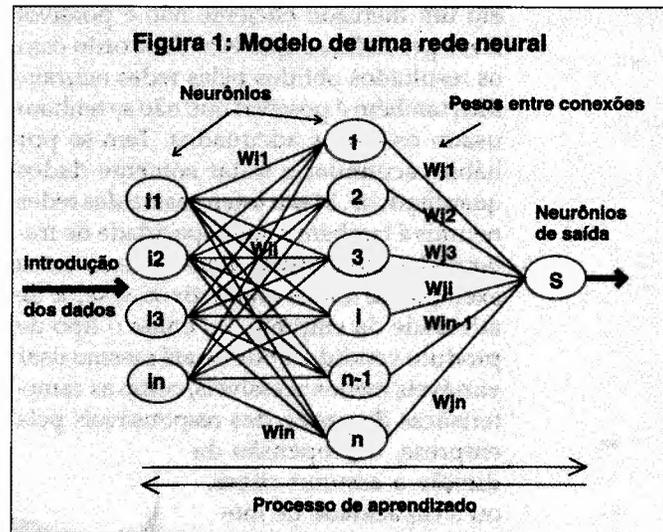
Na pesquisa realizada em nosso trabalho de doutoramento¹⁵, as redes foram capazes de classificar corretamente aproximadamente 70% das empresas de um grupo de sãs e inadimplentes, dois anos antes da inadimplência, a partir de uma amostra de controle (uma amostra diferente da utilizada no processo de aprendizado).

Outro aspecto interessante da rede neural, é que, uma vez construída, ela não depende mais da base de dados que lhe deu origem. O conhecimento adquirido e que será consultado reside nas conexões entre os neurônios e não na base de dados. É na verdade um conhecimento implícito e conciso, que é reconstituído pelo sistema a cada vez que o solicitamos. E isso de maneira tão rápida quanto nosso cérebro reconstitui seu conhecimento cada vez que o solicitamos. Não importa se a base usada continua um milhão ou apenas cem exemplos.

SEUS PRINCÍPIOS

Um tipo de rede bastante usado é o de multicamadas (ver figura 1). A rede aprende por um processo iterativo de correção dos pesos que ligam os diferentes neurônios (W_{ij}). Esses pesos são ajustados e

reajustados até que ela aprenda todos os exemplos apresentados e seja capaz de fornecer o resultado esperado através de seus neurônios de saída. Está então criada a base de conhecimento. A rede está pronta para ser usada.



APLICAÇÕES EM REDES NEURAIS

As redes neurais têm encontrado bastante interesse na área financeira. Uma vez que precisam de dados para serem criadas, a área financeira tem podido fornecê-los em abundância.

Os tipos mais comuns de aplicação explorados atualmente são a previsão e a avaliação de riscos. Nesse tipo de aplicação encontram-se as avaliações de crédito, de riscos de inadimplência de empresas, de riscos de seguros, riscos de hipotecas, ou mesmo avaliações de riscos de papéis financeiros. Essas aplicações têm mostrado resultados bastante satisfatórios quando comparados aos obtidos, por exemplo, por métodos estatísticos. É o caso dos resultados obtidos em nossas pesquisas¹⁶, em que as redes neurais conseguem às vezes superar o desempenho obtido por métodos estatísticos na avaliação de riscos de inadimplência. Os resultados obtidos pela rede se mostraram mais estáveis que esses últimos. A avaliação dos riscos de inadimplência de uma empresa por parte de um tomador de decisão é função do risco que ele está disposto a assumir. As redes se mostraram mais estáveis que o método

15. *Idem, ibidem.*

16. *Idem, ibidem.*

estatístico quando se avaliam diferentes níveis de risco.

Um tipo de aplicação que evidentemente desperta bastante interesse é a previsão de cotações na Bolsa. No entanto, os resultados obtidos mostram que não será fácil obter algo de interessante nesse campo mesmo com redes neurais¹⁷. Em princípio, em um mercado eficiente não é possível fazer previsões, o que está de acordo com os resultados obtidos pelas redes neurais. Mas também é possível que não se tenham usado os dados adequados. Tem-se por hábito acumular e tratar somente dados quantitativos. Mas o interessante das redes neurais é também a sua capacidade de tratar dados qualitativos. Pode-se usar, como exemplo de dados qualitativos, o setor de atividade da empresa, ou então o tipo de produto vendido. Pode-se até mesmo usar variáveis menos acessíveis, como as características de gestão dos responsáveis pela empresa, a propensão da direção a assumir riscos, ou a capacidade de inovação da empresa, sua flexibilidade quanto a mudanças etc. No entanto, esse tipo de informação não é atualmente utilizado, e os sistemas têm-se limitado a dados quantitativos. Isso ocorre muito provavelmente por uma questão de falta de disponibilidade de dados.

A área financeira oferece outras inúmeras oportunidades para o uso de redes neurais. Por exemplo, a gestão de portfólios. Uma instituição financeira leva em conta inúmeros tipos de papéis financeiros, ações, opções etc. Um sistema baseado em redes neurais poderia ser usado para levar em conta as características desses papéis, considerando riscos, valores conjunturais, decisões do governo, flutuações do mercado etc. As redes neurais são bastante adaptadas a problemas não-estruturados, em que as relações entre as variáveis ou mesmo sua importância não é conhecida. Elas permitem que se trabalhe com dados incompletos, se não estiverem todos disponíveis, ou mesmo com a existência de informa-

ções incorretas. Aprenderão a ignorá-las.

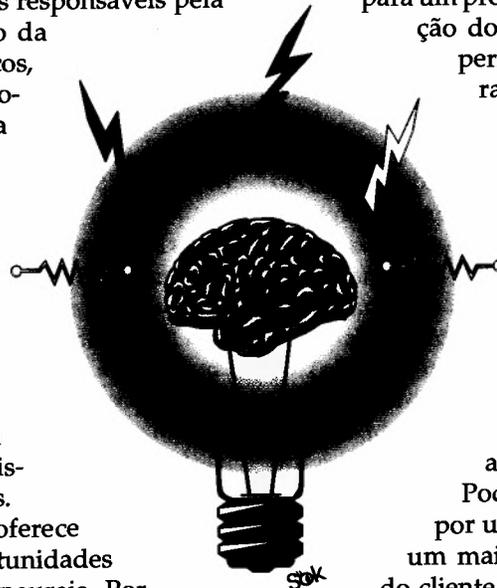
Uma área ainda pouco explorada é a de *marketing* e vendas, em que existem aplicações potencialmente bastante interessantes. Por exemplo, as redes neurais podem ser utilizadas para fazer simulações do comportamento do consumidor face a novos produtos. Uma rede poderia ser treinada a partir das características de produtos já lançados no mercado, em que se pôde medir o grau de sucesso e o volume de vendas obtido. Uma vez criada, a rede poderia ser usada para simular o resultado com novos produtos, a partir de suas características. O interessante é que seria possível introduzir características quantitativas não só do produto, mas também do mercado ou da conjuntura do país, ou de uma região, em determinado momento.

Outra aplicação em *marketing* poderia ser simplesmente a simulação de vendas para um próximo período em função do resultado obtido no período anterior, das características esperadas para o mercado no futuro etc.

Ainda outra poderia ser o uso de uma rede neural para sugerir produtos mais adaptados ao perfil de cada cliente. Ela seria treinada a associar perfis de clientes a produtos da empresa.

Poder-se-ia assim esperar, por um lado, a obtenção de um maior grau de satisfação do cliente e, por outro, apresentar produtos mais direcionados ao cliente em questão. Esse tipo de aplicação pode ser encarado como um sistema de apoio especialista, em que um vendedor menos experimentado ou menos informado a respeito dos produtos da empresa pode sugerir itens mais adequados ao cliente tanto quanto um vendedor mais experimentado.

No caso de atividades em que há uma grande velocidade de mudança ou atualização do portfólio de produtos, esse tipo de sistema permitiria à empresa fazer com que o vendedor passasse a considerar os novos produtos de maneira mais rápida,



17. HAWLEY, D., JOHNSON, J. D., RAINA, D. Artificial neural systems: a new tool for financial decision-making. *Financial Analyst Journal*, Nov./Dec. 1990, p. 63-72.

uma vez que, atualizada a base de conhecimentos, eles passariam a ser imediatamente sugeridos. O sistema também seria interessante para aqueles produtos frequentemente esquecidos pelo vendedor. Caso fossem do interesse do cliente, seriam igualmente sugeridos. Além disso, o sistema poderia incorporar os interesses de venda da empresa.

Quanto às simulações, previsões ou sugestões, as redes neurais são uma tecnologia interessante na área de *marketing*. Há que se levar em conta também o fato de que sua atualização, isto é, a aquisição de novos conhecimentos, é bastante facilitada e rápida, uma vez que o aprendizado é automático. Basta entrar com as novas características do novo produto ou da nova situação de mercado e refazer o processo de aprendizado.

PRIMEIROS PASSOS

Para o desenvolvimento de sistemas à base de redes neurais existem diversos pacotes de microcomputadores voltados especificamente para esse fim (Brainmaker, Neuroshell, Explorer, Nestor etc.). Há vários métodos de aprendizado de redes neurais. Pode-se começar pelo método de retropropagação, pois é eficiente. O segundo elemento indispensável é a obtenção de dados, que podem ser quantitativos ou qualitativos. O terceiro passo é construir a rede.

A dificuldade em construir a rede está no grande número de parâmetros utilizados em sua construção. Esses parâmetros, como o número de neurônios, o número de camadas intermediárias, os tipos de variáveis etc., irão determinar a qualidade da rede construída. A quadro 1 mostra os principais passos pelos quais se deve passar na identificação de uma estrutura de rede para uma aplicação qualquer.

É possível, e mesmo provável, que não se possa identificar a melhor rede, mas sim um grupo de redes que se distingam das outras. Pode-se então formar um portfólio de redes no qual um tomador de decisão poderá basear sua decisão.

No caso de aplicação em áreas onde o conhecimento evolui, é necessário retrainar a rede. Por exemplo, no caso de avaliações financeiras, o mercado evolui, e o que era válido em determinado momento pode não

Quadro 1: Passos na construção de uma rede neural

A fim de examinar um número razoável de parâmetros, é interessante construir um plano experimental para definir uma bateria de testes. Os passos são os seguintes:

1. definir os parâmetros a explorar: método de aprendizado, variação do número de neurônios, número de camadas, grupos de variáveis, maneira de introduzir os dados. As redes neurais mostram um bom desempenho quando são utilizados dados históricos. Pode-se então analisar formas de introduzir os dados: diferença entre os valores de dois anos, ou variação porcentual etc.;
2. quando se tem um número reduzido de dados, pode ser importante efetuar um número significativo de testes com diferentes subamostras dos dados a fim de validar os resultados obtidos. Estrutura-se então um plano experimental, determinando os testes a serem feitos;
3. o próximo passo é a construção das redes. Esta pode ser uma etapa laboriosa, pois, multiplicando-se o número de parâmetros a explorar e o número de subamostras a utilizar, o número de redes a criar e testar pode ser bastante grande. Em geral os *softwares* de redes neurais permitem que se construam aplicativos para fazer uma bateria de testes de maneira automática. Nesta fase torna-se necessário o conhecimento de alguma linguagem de programação e um certo tempo para desenvolver esses aplicativos;
4. o próximo passo é o teste das redes, isto é, verifica-se sua capacidade em responder corretamente ao problema proposto. Por exemplo, no caso de uma rede treinada para fazer avaliações de riscos de inadimplência, testa-se neste momento sua capacidade para avaliar corretamente esses riscos em uma amostra de controle.
5. o último passo é a comparação das diferentes redes a fim de escolher a mais adequada.

significar nada em tempos futuros. Deve-se então retomar o processo de aprendizado.

CONCLUSÃO

As redes neurais têm mostrado resultados positivos em um tempo mais curto que técnicas de criação de bases de conhecimentos como os sistemas especialistas. Sua fácil utilização, sua capacidade em tratar problemas pouco ou nada estruturados, com dados incompletos ou com incorreções são características originais e interessantes. É uma técnica que irá evoluir bastante e sem dúvida permeará nosso dia-a-dia quer seja nos sistemas de administração e nos sistemas de apoio à decisão, quer seja em aplicações completamente diversas, como robótica, diagnósticos médicos, reconhecimento de caracteres ou simulação da visão por computador. A criação das redes neurais é uma tarefa bem mais simples que a criação de um sistema especialista, e bem mais flexível que uma técnica estatística. Essa flexibilidade lhes permite fazer análises mais finas, pouco perceptíveis por técnicas tradicionais ou dificilmente formalizáveis a partir do conhecimento subjetivo de um especialista. □

Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio que tem dado às nossas pesquisas. Agradecemos igualmente à FEA/USP por nos acolher como pesquisador. Agradecemos José Tolóvi Jr., professor da EAESP/FGV, pelas sugestões na elaboração deste texto.



0950106