Softcomputing – ein Überblick

Karsten Weicker
Institut für Informatik, Abteilung Formale Konzepte
Universität Stuttgart, Breitwiesenstr. 20–22, 70565 Stuttgart
Karsten.Weicker@informatik.uni-stuttgart.de

Der Begriff „Softcomputing" wurde 1991 von dem Amerikaner Lofti A. Zadeh eingeführt und bildet einen Gegensatz zum sog. „Hardcomputing", der exakten Datenverarbeitung. Dort liegen eindeutig definierte Daten vor, aus denen mit präzisen Berechnungsvorschriften Schlußfolgerungen gezogen oder Optima gesucht werden. Stattdessen wird beim Softcomputing mit unscharfem Wissen, nicht klar definierten Begriffen und Unexaktheiten gearbeitet. Die grundlegenden Konzepte gehen auf Arbeiten von Lofti A. Zadeh zurück, so z.B. seine Arbeit zu Fuzzy-Mengen (Zadeh, 1965) sowie zur Possibility-Theorie (Zadeh, 1978). Zunächst umfasste der Begriff nur die Fuzzy-Logik (FL, engl. *fuzzy logic*) und das probabilistische Schließen (PR, engl. *probabilistic reasoning*), jedoch wurde er sehr bald auch um neuronale Netze (NN, engl. *neural networks*) erweitert. Unter dem Label des probabilistischen Schließens wurden später auch Chaostheorie, Lerntheorie, Bayessche Netzwerke sowie genetische Algorithmen (GA, engl. *genetic algorithms*) mit eingeschlossen. Inwischen werden meist übereinstimmend (vgl. Zadeh, 1997; Bonissone, 1997) die evolutionären Algorithmen als eigene Kategorie des Softcomputings aufgefasst.

Damit ergeben sich die folgenden wesentlichen Softcomputing-Bereiche:

Fuzzy-Methoden, bei denen ein Unschärfebegriff im Vordergrund steht, welcher als Grundlage für ein approximatives Schlußfolgern dient. So kann beispielsweise ein Problem mit unscharfen Regeln beschrieben und modelliert werden. Mit dem Modus Ponens als Inferenzmechanismus lassen sich Schlußfolgerungen bezüglich des Problems berechnen.

Neuronale Netze, bei denen die Struktur von Nervenzellen imitiert wird mit dem Ziel des Lernens, Klassifizierens und Modellierens. Dies geschieht im Regelfall über bekannte Beispiele, aus denen ein generalisiertes Modell berechnet wird. Neuronale Netze werden auch gerne als Lernmechanismus mit feinkörniger lokaler Suche assoziiert. Ihre Ursprünge gehen auf die Perceptron-Modelle von Arbeiten von Rosenblatt (1957, 1958), deren mathematische Analyse von Minsky und Papert (1969) sowie die Arbeiten zum Backpropagation-Lernmechanismus (Bryson & Ho, 1969; Werbos, 1974; Hinton & Anderson, 1981) zurück.

Evolutionäre Algorithmen, die durch gezielte Zufallssuche nach dem Vorbild der Evolution für Optimierung und Einstellungsaufgaben herangezogen werden. Hier wird lediglich eine Funktion zur Bewertung der Lösungskandidaten benötigt, um eine Suche oder Optimierung durchzuführen. Zu den evolutionären Algorithmen zählen genetische Algorithmen (vgl. Holland, 1975), Evolutionsstrategien (ES; vgl. Rechenberg, 1973; Schwefel, 1977), evolutionäres Programmieren (EP; vgl. Fogel, Owens & Walsh, 1966) und genetisches Programmieren (GP; vgl. Koza, 1992).

Probabilistisches Schließen, bei dem Wahrscheinlichkeiten in kausalen Netzwerken propagiert werden. Die Interferenz ist dabei ein Updating-Mechanismus. Probabilistisches Schließen umfasst in erster Linie Bayessche Netzwerke (Good, 1961; Pearl, 1982; Kim & Pearl, 1983; Shachter, 1986) und die Dempster-Shafer-Theorie (Dempster, 1968; Shafer, 1976).

All diese Techniken basieren auf unterschiedlichen Grundsätzen und haben ihre Stärken und Schwerpunkte in verschiedenen Bereichen. Daher ergänzen sie sich eher, als dass sie konkurrieren. So lassen sich sehr oft bessere Ergebnisse durch eine Kombination mehrerer Verfahren erzielen als durch eine Technik allein.

Die Grundzüge des Softcomputing und die Kombinationen der verschiedenen Methoden werden treffend in dem Editorial (Zadeh, 1997) der Zeitschrift „Softcomputing" von Lofti A. Zadeh wiedergegeben:

> The guiding principle of soft computing is: exploit the tolerance for imprecision, uncertainty, partial truth, and approximation to achieve tractability, robustness, low solution cost and better rapport with reality. One of the principal aims of soft computing is to provide a foundation for the conception, design and application of intelligent systems employing its member methodologies symbiotically rather than in isolation.
> [...] it is advantageous to employ a combination of two or more of the costituent methodologies of soft computing, leading to what is referred to as hybrid intelligent systems.

Oft werden auch nahezu synonym zu „Softcomputing" die Begriffe „Computational Intelligence" und „Intelligent Techniques" benutzt.

Literatur

Bonissone, P. (1997). Soft computing: the convergence of emerging reasoning technologies. *Soft computing*, *1*(1), 6–18.

Bryson, A. E., & Ho, Y.-C. (1969). *Applied optimal control.* New York: Blaisdell.

Dempster, A. P. (1968). A generalization of Bayesian inference. *Journal of the Royal Statistical Society*, *30 (Series B)*, 205–247.

Fogel, L. J., Owens, A. J. & Walsh, M. J. (1966). *Artificial intelligence through simulated evolution.* New York: John Wiley and Sons.

Good, I. J. (1961). A causal calculus. *British Journal of the Philosophy of Science*, *11*, 305–318.

Hinton, G. E., & Anderson, J. A. (1981). *Parallel models of associative memory.* Potomac, ML: Lawrence Erlbaum Associates.

Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems.* University of Michigan.

Kim, J. H., & Pearl, J. (1983). A computational model for combined causal and diagnostic reasoning in inference systems. In *Proc. of the Eighth Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI-83)* (pp. 190–193). Morgan Kaufmann.

Koza, J. R. (1992). *Genetic programming : on the programming of computers by means of natural selection.* Cambridge, MA: MIT Press.

Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptrons.* Cambridge, MA: MIT Press.

Pearl, J. (1982). Reverend Bayes on inferrence engines: A distributed hierarchical approach. In *Proc. of the National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI-82)* (pp. 133–136). Morgan Kaufmann.

Rechenberg, I. (1973). *Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution* [Evolution strategy: Optimizing technical systems with principles of biological evolution]. Stuttgart: Friedrich Frommann Verlag.

Rosenblatt, F. (1957). *The perceptron: A perceiving and recognizing automaton* (Tech. Rep. No. 85-460-1). Ithaca, NY: Cornell Aeronautical Laboratory.

Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, *65*, 386–408.

Schwefel, H.-P. (1977). *Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie.* Basel: Birkhäuser. (Volume 26 of Interdisciplinary Systems Research)

Shachter, R. D. (1986). Evaluating ginfluence diagrams. *Operations Research*, *34*, 871..882.

Shafer, G. (1976). *A mathematical theory of evidence.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Werbos, P. (1974). *Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences.* Doktorarbeit, Harvard University, Cambridge, MA.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*, 338-353.

Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, *1*, 3–28.

Zadeh, L. A. (1997). What is soft computing? *Soft computing*, *1*(1), 1.