

Bild 1: Genetisch optimierter mechanischer Abschleppprozess für beliebige Objekte

Prozessoptimierung mit Naturstrategien

Teil 1: Mathematische Prozessoptimierung mit Genetischen Algorithmen

Die Mathematik ist aus der Technik nicht wegzudenken. Über das reine Anwenden von Formeln hinaus, bietet die Mathematik aber auch Lösungsansätze bei ganz praktischen Herausforderungen der Automatisierungstechnik. Eine faszinierende Methode ist die mathematische Prozessoptimierung, welche ihre Strategien der Natur nachahmt. Diese sogenannte 'Genetische Optimierung' kann durch ein Softwarepaket im Maschinenbau, in der Konstruktion, im Produktionsbereich als auch im Steuerungsumfeld Verwendung finden. Damit lassen sich Prozesse in den Griff bekommen, die auf andere Weise nicht oder nur mit großem Aufwand zu beherrschen wären.

Optimierungsprobleme ergeben sich in der Automatisierungstechnik überall dort, wo mit unbekanntem Stellgrößen (Parametern) gearbeitet wird. Beispielsweise beim Auslegen von (abhängigen) Bewegungsprofilen oder beim Verbessern eines maschinellen Prozesses. Die Problematik sieht dabei oft vermeintlich einfach aus und es wird versucht, die Stellgrößen von

Hand und aus der Erfahrung heraus zu verändern. Dieses Vorgehen ist natürlich begrenzt, insbesondere dann, wenn mehrere Stellgrößen gleichzeitig verändert werden müssen, um eine Verbesserung des Prozesses zu erreichen. Der Ansatz der mathematischen Optimierung ist dort dann wesentlich besser geeignet als das rein manuelle Ausprobieren. Dabei ist mathematische Optimierung generell als

Querschnitt-Technologie zu verstehen, die sich von der Designphase, der mechanischen Konstruktion, über die Steuerung bis zum Prozess erstreckt.

Was ist Genetische Optimierung?

Ziel einer mathematischen Optimierung ist es, optimale Parameter eines komplexen Systems zu finden. Die Genetische Optimierung, ein Lö-

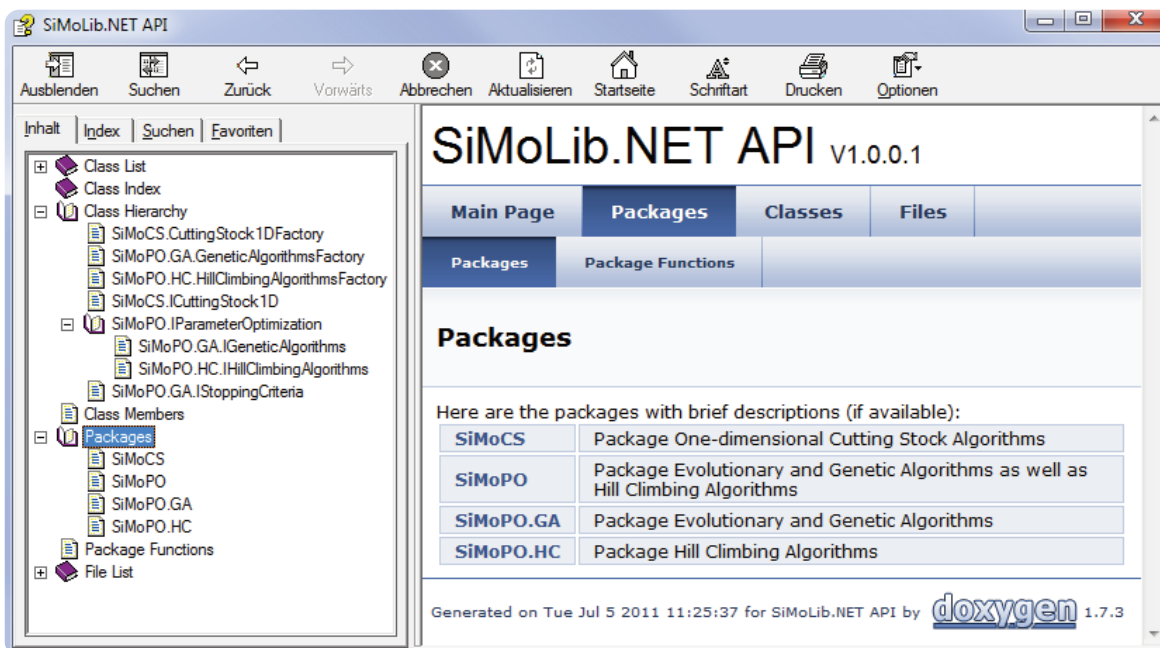


Bild 2: Programmierschnittstelle zur einfachen Einbindung in die Microsoft .NET-Welt

sungsansatz der mathematischen Optimierung, verwendet bei der Suche nach der optimalen Lösung die Vorgehensweise der Natur. 'Optimal' bedeutet dabei, dass eine anwenderbezogene Zielfunktion minimiert oder maximiert wird. Die Grundidee genetischer Algorithmen ist also ähnlich der biologischen Evolution. Dort werden eine Menge (Population) von Lösungskandidaten (Individuen) zufällig erzeugt und diejenigen ausgewählt, die einem bestimmten Gütekriterium am besten entsprechen (Selektion). Deren genetische Eigenschaften (Parameterwerte) werden dann leicht verändert (Mutation) und miteinander gekreuzt (Crossover), um eine neue Population von Lösungskandidaten (eine neue Generation) zu erzeugen. Auf diese neue Generation werden nun wiederum Selektion, Mutation und Crossover angewandt. Dieses Verfahren wird dann wiederholt angewandt, sodass die Individuen der neuen Generationen immer besser dem Gütekriterium entsprechen. Dies ist genau die Vorgehensweise der Natur, wo sich Individuen von Generation zu Generation immer besser an ihre Lebensbedingungen anpassen. Um einen genetischen Algorithmus in der Praxis anwenden zu können, müssen mindestens folgende Komponenten bedacht werden:

- Genetische Repräsentation der Lösungen (z.B. als Array von Fließkommazahlen, den sogenannten Genen)
- Verfahren zur Erzeugung einer Startpopulation (zufällige Auswahl oder ein paar Individuen gesetzt)
- Zielfunktion (liefert eine absolute Aussage über die Güte einer Lösung und ist in der Regel anwenderspezifisch ausgestaltet)
- Fitnessfunktion (setzt die Zielfunktionswerte in Relation zur Bewertung aller Lösungen der aktuellen Population)
- Genetische Operatoren (Mutation, Crossover und Selektion)
- Abbruchkriterium (fixe Anzahl an Generationen oder Konvergenz der Güte der Lösungen)

Genetische Algorithmen sind numerische Lösungsverfahren, welche versuchen mit begrenztem Wissen und in kurzer Zeit zu guten Lösungen zu kommen. Sie können als Solches zur numerischen Lösung beliebiger Optimierungsprobleme eingesetzt werden.

Modellierung als Grundlage

Grundlage für eine anwenderspezifische Optimierung ist die Modellierung, also die Übersetzung der Realität in ein mathematisches Modell. Das ist die Basis, um Simulationen und Optimierungen erst anwenden zu können. Zudem ist dann in der Simulation die Variation von Parametern zur Bestimmung optimaler Einstellungen wesentlich einfacher und preiswerter als in der Realität. Da-

durch wird auch die Umkehrung des üblichen Entwicklungsprozesses möglich: Man gibt vor, was ein System können soll, und versucht dieses dann durch Simulation zu optimieren. Mit dem fachlichen Know-how von Simon Modellierungen im Bereich der mathematischen Modellierung können Maschinenbauer, Konstrukteure, Steuerungshersteller und Applikations-Ingenieure bei der Lösung Ihrer Aufgabenstellung professionelle Unterstützung erhalten.

Optimierung als Softwarepaket

Um den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten gerecht zu werden, entwickelte Simon Modellierungen eine möglichst allgemein einsetzbare Optimierungssoftware. Dabei kann sich der Anwender bei deren Einsatz auf die Erstellung der Zielfunktion und die Angabe der Randbedingungen für die Parameterwerte beschränken und konzentrieren. Das heißt also auf die Optimierungsaufgabe selbst. Mit dieser Software können die Möglichkeiten der mathematischen Optimierung einfach in unterschiedliche Softwarearchitekturen eingebunden werden. Z.B. in Visualisierung-, Scada- oder Programmier-Tools. Die Optimierungssoftware umfasst zurzeit die drei Pakete Eindimensionale Zu-

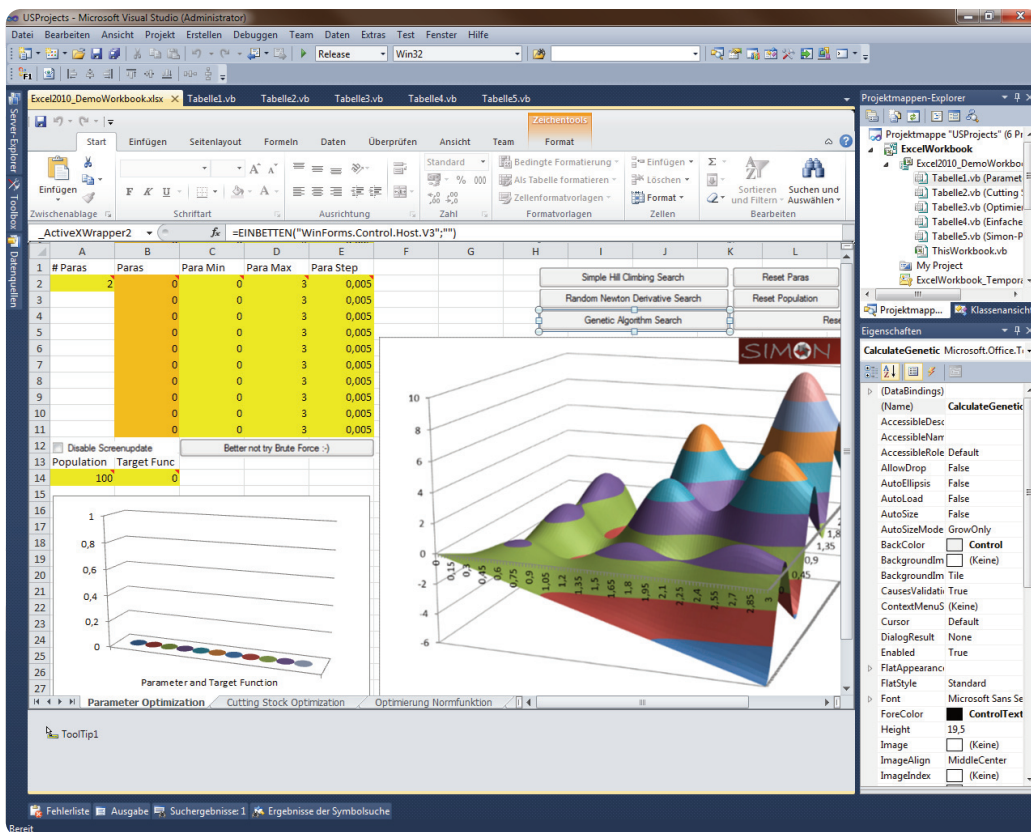


Bild 3: Es gibt auch ein Demoprogramm zur Integration in Excel 2010.

schnittoptimierung (basierend auf genetischen Algorithmen), Hill Climbing Algorithmen (zum schnellen Auffinden von lokalen Optima) und Evolutionäre und Genetische Algorithmen (zum Auffinden globaler Optima). Die Pakete sind enthalten in einer .NET-Assembly (DLL-Datei) und eine objektorientierte Anwenderschnittstelle erlaubt die lückenlose Einbindung in die Microsoft .NET-Umgebung. Die Objektorientierung erleichtert den Zugriff auf die Pakete der Optimierungssoftware ungemein, da Sie im Prinzip ein Optimierungsobjekt mit allen seinen Eigenschaften und Funktionen einbinden.

Excel Integration

Insbesondere in mittelständischen Unternehmen werden, wie die Erfahrung zeigt, sehr viele Prozessmodellierungen intuitiv mithilfe von Microsoft Excel erstellt. Alle in diesem Beitrag vorgestellten Optimierungspakete sind über das Microsoft Visual Studio 2010 sehr einfach in Microsoft Excel 2010 integrierbar. Dadurch können wie gewohnt Modelle, Berechnungen und Formeln in Excel erstellt und mit unterschiedlichen Einstellungen optimiert werden. Die Möglichkeit der individuellen Anpassung, und das fachliche Know-how von Simon Modellierungen, erlauben es Probleme zu lösen, welche über die Grenzen des schon integrierten Excel-Solvers hinausgehen. Die Verwendung von Excel hat darüber hinaus noch den Vorteil, dass oftmals sensibles Know-how im eigenen Unternehmen bleibt und relativ einfach intern darauf zugegriffen werden kann.

Ausblick

Im zweiten Artikel der Serie in Heft 10/2011 wird die Optimierung von Abschiebeprozessen mithilfe Genetischer Algorithmen vorgestellt. Dort kann sich der Maschinenbediener direkt an der Bedienoberfläche der Abschiebemaschine produktabhängig optimierte Abschiebebewegungsprofile erstellen lassen. Auf eine weitere Einsatzmöglichkeit Genetischer Optimierung wird im dritten Artikel der Serie in Heft 11/2011 eingegangen, welcher das Maßschneiden von Kurvenscheiben mit optimierten normierten Übertragungsfunktionen zum Inhalt haben wird.

Kompetenz in der Zusammenarbeit mit Partnern

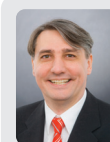
Ein gelungenes Beispiel einer Kooperationspartnerschaft ist die JetWeb Option

Optimization der Jetter AG, welche in Zusammenarbeit mit Simon Modellierungen entwickelt wurde. Alle JetWeb-Industriesteuerungen können mit der JetWeb Option Optimization ausgestattet werden. Dies erlaubt neben der Steuerung von Industrieprozessen zusätzlich noch die Prozessoptimierung. Dadurch werden Prozesse schneller, dynamischer, robuster und effizienter, was nicht nur mehr Durchsatz bedeutet, sondern auch noch die Langlebigkeit der Maschinen erhöht. So wurden beispielsweise in Zusammenarbeit mit Sheppee International Ltd. Abschiebeprozesse heißer Glasflaschen optimiert. Diese Art der Optimierung von Abschiebeprozessen, welche im zweiten Artikel der Serie genauer vorgestellt werden, lässt sich aber auch sehr gut auf andere Objekte anwenden und eröffnet ganz neue Perspektiven. So konnte in dem genannten Beispiel der Flaschendurchsatz bei gleicher Maschinenbelastung um bis zu 30% gesteigert werden.

Zusammenfassung

Die mathematische Optimierung mit Genetischen Algorithmen ist ein faszinierendes Themengebiet und bietet ein erstaunliches Optimierungspotenzial in der Automatisierungstechnik. Überall dort, wo man mit vielen Einstellmöglichkeiten bei technischen Prozessen kämpft, lohnt es sich, darüber nachzudenken, diese Strategien der Natur einzusetzen. Dies durchaus auch schon bei einfach erscheinenden Anwendungen. Der modulare Aufbau der vorgestellten Optimierungssoftware erlaubt dabei die Einbindung in verschiedene Software-Infrastrukturen. So kann z.B. ein Anlagenbauer in der Bedienoberfläche seiner Anlagen seine Kunden gezielt Prozessabläufe optimierten lassen. Überall dort wo die Prozessabläufe bisher noch manuell optimiert wurden, kann die Optimierung der Abläufe automatisiert erfolgen. Wie man sieht, kann also auch in der Mathematik, wenn man 1+1 zusammenzählt, als Kundennutzen weit mehr als 2 dabei herauskommen.

www.simon-web.org



Autor: Uwe Simon, Geschäftsführer Simon Modellierungen