

Artobolevskij, I.I.

Institut für Maschinenbauwesen, Moskau

Il'inskij, D.Ja.

Unions-Institut für das Fernstudium der Textil- und Leichtindustrie, Moskau

OPTIMIERUNG DER SYNTHESE VON INDUSTRIE-ROBOTERN

Übersetzung aus:

Fourth world Congress on the Theory of Machine and Mechanism, New-Castle, September 1975. Institution of Mechanical Engineers. London, 1975, S. 419-421.

Russ.: ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ
Optimizacija sinteza promyšlennyh robotov

Die Aufgabe der Projektierung eines Industrieroboters (IR), welche zur Klasse der weitreichendsten, kompliziertesten und verantwortungsvollsten Aufgaben der Synthese von Maschinen gehört, stellt man zweckmäßigerweise als Aufgabe der Auffindung der optimalen IR-Variante. Die optimale IR-Variante kann mittels Anwendung des Systems "Synthese der optimalen Konstruktionslösungen automatisierter technologischer Komplexe" gefunden werden. Der Suchvorgang ist zerlegt in aufeinanderfolgende algorithmisierte Operationen, bei denen rechnerische und logische Prozeduren durchgeführt sowie formalisierte Prozeduren nach der heuristischen Methode ausgeführt werden. Als Beispiel für die praktische Verwendung des beschriebenen Systems wurde die Synthese von IR beschrieben, wie sie zur Be- und Entladung von Maschinen zur Herstellung von großformatigen Kunststoffteilen angewendet werden.

1. Die Aufgabe der Projektierung eines Industrieroboters (IR), welche zur Klasse der weitreichendsten, kompliziertesten und verantwortungsvollsten Aufgaben der Synthese von Maschinen gehört, stellt man zweckmäßigerweise als Aufgabe zur Auffindung der optimalen IR-Variante, d.h. jener IR-Variante, die

- a) allen gegebenen technologischen, organisatorisch-ökonomischen und den übrigen von außen vorgegebenen Bedingungen, die die konkrete Produktionssituation und Wirtschaftslage beschreiben, entspricht;
- b) die Realisation der folgenden Bedingungen gewährleistet: - die Muß-Bedingungen, die an die Werte aller Ausgangsgrößen in Bezug auf die technischen Kriterien (schnelle Arbeitsweise, Tragfähigkeit, Laufgenauigkeit bezüglich jeder Koordinate, Zuverlässigkeit, Nachregulierbarkeit u.a.m.) und der Wirtschaftlichkeitskriterien (Anschaffungskosten, Standfläche u.a.m.) gestellt werden, - die Soll-Bedingung, die an den Wert des Optimalitätskriteriums gestellt wird: die Summe der Kosten zur IR-Anschaffung, die sich auf die Kapitalrückflußdauer beziehen, und alle laufenden Aufwendungen;
- c) ein Minimum des besagten Optimalitätskriterium bedingt.

2. Die optimale IR-Variante, die gewöhnlich innerhalb einer begrenzten Zeit gesucht wird, kann durch Anwendung des von den Verfassern ausgearbeiteten Systems "Synthese der optimalen Konstruktionslösungen algorithmisierter technologischer Komplexe" gefunden werden, das im Dialogverfahren "Mensch-Computer" eingesetzt wird und für Vorgänge der Struktur- und Parameter-Synthese von automatisch arbeitenden Maschinenkomplexen, welche mit Stückgut operieren, bestimmt ist. Der Suchvorgang ist zerlegt in aufeinanderfolgende algorithmisierte Operationen zur Durchführung von rechnerischen und logischen Prozeduren sowie von formalisierten Prozeduren nach der heuristischen Methode.

3. Dem besagten System liegt folgende Vorstellung zugrunde: zuerst wird die Menge aller alternativen Lösungen gebildet (von denen eine jede eine Kombination der Werte aller variierbaren

Faktoren ist), welche prinzipiell für die gestellten Ausgangsbedingungen möglich sind; danach werden alle möglichen Lösungen nach den technischen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet, und danach werden sie durch alle Bedingungen hindurch "gefiltert"; darauf wird aus allen gewonnenen befriedigenden zulässigen Lösungen die optimale Lösung ausgewählt.

4. Die variierbaren Faktoren (steuernden Variablen) des Vorgangs der Struktursynthese sind: die Varianten der Arm- und Greiferbewegungen in dem zu bedienenden Raum, d.h. die Varianten der Kombination der Aufeinanderfolge der verschiedenen Bewegungsarten (geradlinig horizontal oder vertikal, rotatorisch um die vertikale Achse oder die horizontale Achse), wobei jede Kombination die Ausführung der gestellten Funktion gewährleistet: Translationsbewegung des Bearbeitungsgegenstandes von einem Raumpunkt zu einem anderen, Veränderung seiner räumlichen Orientierung, Vereinigung oder Trennung von zwei Elementen (im Rahmen von Be- oder Entladeoperationen, von Montagehandlungen) u.a.m.; Anzahl der parallel (gleichzeitig) oder nacheinander arbeitenden "Hände" oder Anzahl der Greifer an jeder "Hand"; das Prinzip der relativen Bewegung: der IR bewegt sich entlang der Linie der stationär aufgestellten zu bedienenden Gegenstände (Maschinen, Materialgruppen, Bunker usw.) oder die zu bedienenden Gegenstände bewegen sich an dem stationär aufgestellten IR vorbei; Zerlegungsvarianten der technologischen (gewöhnlich der Montage-) Handlungen, welche mit Hilfe des IR durchgeführt werden sollen, nach einigen einzelnen Materialgruppen u.a.m.

Die variierbaren Faktoren des Vorgangs der Parametersynthese sind: die Varianten der Antriebe (elektromechanischer, hydraulischer, pneumatischer, kombinierter); Varianten der Elemente des Steuersystems (elektrische, elektronische, pneumatische), der Programmiermethoden, Programmaufzeichnung und -speicherung, Varianten des Prinzips der Bewegungssteuerung nach 4-5 Koordinaten (Positions- oder Kontursteuerung, ohne oder mit Rückkopplung, autonome oder Steuerung durch einen Zentralrechner); verschiedene Möglichkeiten zur Steigerung der Zuverlässigkeit (Steigerung der

Sensibilität des IR durch Ausstattung mit zusätzlichen Fühlern oder indem dem Bearbeitungsgegenstand größere Fertigungsgerechtigkeit beigegeben wird, wodurch die Aufgabe ihrer Handhabung einfacher wird), Anordnungsvarianten (lineare Anordnung mit Verschiebung auf Schienen oder runde mit Drehung um die vertikale Achse); verschiedene Möglichkeiten zur Sicherstellung der Anpaßbarkeit der Greifwerkzeuge (auswechselbare Spezialgreifer oder eine Universalzange) und dgl.m.

5. Der Vorgang der Synthese baut sich als eine Reihenfolge der folgenden Vorgänge auf:

Erstens Bildung des Ausgangsmodells (d.h. Beschreibung in mathematischer Form jener IR-Variante die all das in Punkt 1 Aufgezählte erfüllt und folglich optimal ist), und zweitens die Bildung der Mengen aller steuernden variablen Größen, wie sie in Punkt 4 genannt sind.

Struktursynthese.

Parametersynthese.

In jedem nächstfolgenden Untervorgang werden alle möglichen Lösungen rekursiv gebildet: jede Lösung eines jeden Untervorganges ist eine Folge von einer der Lösungen des vorhergehenden Untervorganges und von einer der möglichen Kombinationen der Werte aller steuernden Variablen des jeweiligen Untervorganges, an deren Kombinierbarkeit in der Regel Beschränkungen gestellt sind, darunter auch in Form von Kopplungsgleichungen.

6. Die mathematischen Hilfsmittel, welche in Zusammensetzung aus dem beschriebenen System verwendet werden, sind die folgenden.

- Mengenalgebra und insbesondere Logikalgebra und Propositional-(Aussagen-)Funktionen;
- Problemorientierte Sprachen der Synthese: Sprachen zur Beschreibung des Arbeitstaktes, wie die Maschinen und die inneren Ablaufschaltungen arbeiten (was im wesentlichen die Beschreibung der Struktur der genannten Gegenstände ist), und die Lösungstabellen, die ein Hilfsmittel zur Beschreibung der Varianten der

Konstruktionsdurchführung einer jeden möglichen Strukturvariante sind. - Eine Spezialisierte Optimierungsmethode auf der Grundlage der dynamischen Programmierung. (In der Größenrelation "Kosten - Anpaßbarkeit - Zuverlässigkeit"). - Statistische Modellierung und Imitierung.

7. Als Beispiel für die praktische Verwendung des beschriebenen Systems kann die Synthese der IR betrachtet werden, wie sie zum Be- und Entladen von Maschinen mit mehreren Arbeitsstufen zum Pressen oder Spritzgießen von großformatigen Kunststoffteilen (Masse bis 40 kg) verwendet werden.

Die Anzahl der möglichen IR-Varianten beträgt ca. 10 Tausend. Die Dauer der Synthese der optimalen IR-Variante (die aus den typischen Baukastenblöcken zusammengestellt wird) beträgt ungefähr 200 Arbeitsstunden und 5 Stunden Maschinenarbeitszeit für einen Computer mit der mittleren Geschwindigkeit von 20 000 Operationen/Sekunde.

Bei Einführung einer Gruppe von solchen IR in der Industrie erwies sich, daß die Werte aller technischen und wirtschaftlichen Kriterien den geplanten Werten entsprechen.

Stuttgart, den 30.3.1977

Übersetzung von
Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer