

**И.А.Каляев  
А.Р.Гайдук**

# **ОДНОРОДНЫЕ НЕЙРОПОДОБНЫЕ СТРУКТУРЫ**

**в системах выбора действий  
интеллектуальных роботов**



Москва  
«Янус-К»  
2000



Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
Проект № 00-01-14052

K18

УДК 007: 621.865.8: 612.577

*Каляев И.А., Гайдук А.Р. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов. М.: «Янус-К», 2000. С.280.*

ISBN 5-8037-0059-2

В монографии систематически излагаются теоретические и практические основы создания на базе однородных нейроподобных структур систем выбора действий интеллектуальных роботов, функционирующих в неизвестной заранее обстановке. Рассматриваются методы формирования модели действий робота, математическая формулировка задачи оптимального выбора его действий как вариационной задачи, новые графовые методы ее решения, ориентированные на реализацию с помощью однородных нейроподобных структур. Освещаются принципы построения и микроэлектронной реализации однородных нейроподобных структур и систем выбора действий интеллектуальных мобильных роботов на их основе.

Для специалистов в области управления, робототехники, интеллектуальных систем, а также аспирантов и студентов старших курсов соответствующих специальностей.

© Каляев И.А., Гайдук А.Р., 2000

ISBN 5-8037-0059-2

<b>Предисловие</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>8</b>

**ГЛАВА 1**

<b>Формализация задачи выбора текущего действия интеллектуального робота</b> . . . . .	<b>11</b>
1.1. Постановка задачи выбора действий интеллектуального робота . . . . .	11
1.2. Формирование моделей объектов, участвующих в ситуации . . . . .	17
1.2.1. Общие модели объектов и среды . . . . .	17
1.2.2. Представление априорных моделей ИР . . . . .	21
1.2.3. Преобразование моделей к уравнениям в переменных состояниях . . . . .	26
1.2.4. Определение параметров моделей известной структуры . . . . .	29
1.2.5. Формирование моделей неизвестной структуры . . . . .	32
1.2.6. Моделирование связанных элементов . . . . .	37
1.2.7. Формирование модели ситуации . . . . .	40
1.3. Принципы декомпозиции задачи оптимизации действий интеллектуального робота . . . . .	44
1.3.1. Задача оптимизации действий и ее декомпозиция . . . . .	44
1.3.2. Функциональная зависимость и матрица Якоби . . . . .	47
1.3.3. Алгоритм декомпозиции вектор-функций . . . . .	49
1.3.4. Декомпозиция задачи оптимизации действий ИР . . . . .	52

**ГЛАВА 2**

<b>Графовые представления и методы решения вариационных задач</b> . . . . .	<b>66</b>
2.1. Задачи вариационного исчисления и классические методы их решения . . . . .	66
2.2. Графовый метод решения вариационных задач . . . . .	73
2.3. Формирование графовых моделей вариационных задач в полярном пространстве . . . . .	85
2.4. Методы задания графовых моделей вариационных задач . . . . .	92
2.5. Оценка погрешности графового метода решения вариационных задач . . . . .	99

## ГЛАВА 3

### Принципы построения однородных нейроразнообразных структур для решения вариационных задач . . . . .

- 3.1. Организация однородных нейроразнообразных структур . . . . .
- 3.2. Синтез ячейки однородной нейроразнообразной структуры . . . . .
- 3.3. Особенности функционирования однородных нейроразнообразных структур . . . . .
- 3.4. ОНС с перестраиваемой архитектурой . . . . .
- 3.5. Организация нейроразнообразных структур для решения вариационных задач с незакрепленными границами . . . . .
- 3.6. Особенности решения задачи выбора действий интеллектуального робота с помощью однородных нейроразнообразных структур . . . . .

## ГЛАВА 4

### Методы сокращения размерности однородных нейроразнообразных структур . . . . .

- 4.1. Метод иерархического решения . . . . .
- 4.2. Метод локальных вариаций . . . . .
- 4.3. Метод сокращения размерности пространства решения . . . . .
- 4.4. Параллельно-последовательная организация нейроразнообразной структуры. . . . .

## ГЛАВА 5

### Системы выбора действий интеллектуальных мобильных роботов на основе однородных нейроразнообразных структур . . . . .

- 5.1. Принципы организации систем управления интеллектуальных мобильных роботов . . . . .
- 5.2. Постановка задачи выбора действий ИМР . . . . .
- 5.3. Организация системы выбора действий ИМР на базе ОНС . . . . .
- 5.4. Микроэлектронная реализация ОНС. . . . .
  - 5.4.1. Методы повышения отказоустойчивости ОНС. . . . .
  - 5.4.2. Принципы построения ОНС в виде СБИС . . . . .
  - 5.4.3. СБИС фрагмента ОНС. . . . .
  - 5.4.4. Функциональные возможности СБИС фрагмента ОНС . . . . .
  - 5.4.5. Перспективы реализации СБИС фрагмента ОНС по ПЛИС технологии . . . . .
- 5.5. Примеры технической реализации систем выбора действий ИМР . . . . .
  - 5.5.1. Базовый модуль ОНС . . . . .
  - 5.5.2. ОНС в системах управления экспериментальных образцов ИМР. . . . .

### Список литературы . . . . .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Промышленная робототехника. Под ред. *Я.А.Шифрина*. М.: Машиностроение, 1983.
2. *Фу К., Бенсалес Р., Ли К.* Робототехника. М.: Мир, 1989.
3. *Marsh P.* Robots. London: Salamander Books Limited, 1985.
4. *Батурин Ю.М.* Стратегическая компьютерная инициатива // Вычислительная техника и ее применение. 1988. №11. С. 5–27.
5. *Фельдбаум А.А.* Основы теории оптимального управления. М.: Физматгиз, 1984
6. *Каляев И.А., Капустян С.Г.* Однородные структуры для решения вариационных задач оптимизации и планирования. Львов: НТЦ «Интеграл», 1991.
7. *Каляев И.А.* и др. Многопроцессорные распределенные системы управления интеллектуальных роботов // СТА. 1997. №4. С. 94–97.
8. *Гельфанд И.М., Фомин С.В.* Вариационное исчисление. М.: Физматгиз, 1962.
9. *Льюис Л.* Идентификация систем. Теория для пользователя. М.: Наука, 1991.
10. Современные методы идентификации систем. Под ред. *П.Эйкхоффа*. М.: Мир, 1983.
11. *Гайдук А.Р.* Алгебраические методы анализа и синтеза систем автоматического управления. Ростов-на-Дону, РГУ, 1988.
12. *Виллемс Ян.К.* От временного ряда к линейной системе. В кн. Математика. Новое в зарубежной науке №44. Теория систем. Математические методы и моделирование. М.: Мир. 1989. С. 8–191.
13. *Поитрагин Л.С.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1970.
14. *Гайдук А.Р., Беляев В.Е.* Идентификация объектов управления на основе матриц Ганкеля // Синтез алгоритмов сложных структур. Таганрог, ТРТУ, 1997. С. 74–78.
15. *Фихтенгольц Г.М.* Курс дифференциального и интегрального исчисления. М.: Наука, 1969.
16. *Эльсгольц Л.Э.* Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969.
17. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. М.: Наука, 1968.
18. *Kaljaev I.A.* Homogeneous Structures for Optimal Control Problem Solving // Parcella'86. Proc. of the III Intr. Workshop on Parallel Processing by Cellural Automata and Array. Berlin, 1986. P. 218–226.
19. *Каляев И.А.* Способ решения задач оптимального управления на однородной структуре // Распараллеливание обработки информации. 6-ая Всесоюзная школа-семинар. Тезисы докладов. Ч.2. Львов, 1987. С. 190–191.
20. *Каляев И.А.* Метод построения систем оптимального управления на однородной структуре // Управляющие системы и машины. №1. 1987. С. 23–26.
21. *Цой С., Цхай С.М.* Прикладная теория графов. Алма-Ата: Наука, 1971.

22. *Каляев А.В., Носков В.П., Чернухин Ю.В.* Алгоритм управляющей структуры транспортного робота // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1980. №4. С. 64–72.
23. *Носков В.П.* Разработка и исследование алгоритмов и однородных логических структур для адаптивного управления движением роботов-манипуляторов. Дис. на соискание уч. степени кандидата техн. наук. Таганрог, ТРТУ, 1982.
24. *Чернухин Ю.В.* Разработка теоретических основ и принципов построения цифровых нейроподобных вычислительных и управляющих структур. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Таганрог, ТРТУ, 1984.
25. *Васильев В.В., Додонов А.Г.* Гибридные модели задач оптимизации. Киев: Наукова думка, 1974.
26. *Воглер Г.* Основы исследований операций. Т.1. М.: Мир, 1972.
27. *Дьяченко В.Ф., Лазарев В.Г., Савин Г.Г.* Управление на сетях связи. М.: Наука, 1967.
28. *Ермольев Ю.М., Мельник И.М.* Экстремальные задачи на графах. Киев: Наукова думка, 1968.
29. *Shimbel A.* Structure in Communication Nets // Proc. of Simp. of Inform. Networks. №4. Polit. Inst. Brooklin. 1955.
30. *Бутрименко А.В.* О поиске кратчайших путей на графах при его изменениях // Изв. АН СССР, Техническая кибернетика. 1964. №6. С. 55–58.
31. *Dekstra E.* Two Problems in Connection with Graphs // Num. Math. 1959. Vol.1, P. 269–271.
32. *Floyd R.W.* Algorithm 97: Shortest Path // Comm. ACM. 1962. Vol.5. P. 345.
33. *Додонов А.Г., Хаджинов В.В., Шишмарев В.М.* Организация специализированных вычислительных структур для анализа информационных сетей. Киев: Ин-т электродинамики АН УССР, препринт 1976. №210.
34. *Каляев А.В., Носков В.П., Чернухин Ю.В.* Однородная управляющая структура адаптивного робота-манипулятора // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1981. №6. С. 121–126.
35. *Нильсон Н.* Принципы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь. 1985.
36. *Wilcox B., Matthies L., Cennery D.* etc. Robotic Vechicles for Planetary Exploration. Proc. of the IEEE Inter. Conf. Rob. And Automation, Nice, France, Vol.1. 1992. P. 175–180.
37. *Чернухин Ю.В., Носков В.П., Каляев И.А.* и др. Микропроцессорная система управления транспортного робота // Микропроцессорные средства и системы. 1984. №3. С. 70–77.
38. *Каляев И.А., Капустян С.Г.* О повышении отказоустойчивости однородных управляющих структур // Труды 6-ой Всесоюзной школы-семинара «Распараллеливание обработки информации». Ч.2. Львов: Изд-во ЛГУ, 1987. С. 190–191.