

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники

Костюк Олена Геннадіївна

Технології та автоматизації виробництва РЕЗ і ЕОА
(ТАВР)

1. Вступ. Теоретичні основи інформаційних процесів і принципи побудови адаптивних роботів

Для напряму підготовки: 6.050202 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

Харків

2010

Зміст

Вступ.....	3
Теорія.....	5
1.1. Інформація. Інформаційні процеси та виміри.....	5
1.2. Основні поняття й визначення.....	5
1.3 Принципи сприйняття, обробки інформації і керування.....	9
1.4 Система керування адаптивного робота.....	18
1.5 Моделі проблемно-орієнтованого середовища.....	20
Практика.....	26
Теми для самостійної роботи.....	26
Словник термінів.....	27
Перелік посилань.....	28

Вступ

Автоматизація різних технологічних процесів на сучасному виробництві за допомогою роботів може здійснюватися двома шляхами. *Перший* з них характерний для тих галузей промисловості, які відрізняються високим рівнем упорядкованості робочих ділянок, оснащених роботами. У цьому випадку припустиме апріорне завдання всіх керованих координат робота, докладний опис параметрів зовнішнього устаткування й динаміки їхньої зміни у часі. Опираючись на зазначені дані, можна скласти математичну модель технологічного процесу й організувати керування роботами. Звичайно на таких виробництвах використовуються промислові роботи із цикловою системою керування, що надійно функціонують при малих випадкових змінах різних факторів, наприклад, таких, як точнісні параметри самого робота або зовнішнього технологічного устаткування, тобто роботи 1-го покоління із твердою програмою або програмою, що перенастроюється частково.

Другим шляхом рішення цього найважливішого народногосподарського завдання є впровадження гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), одним з основних елементів яких є адаптивний робот.

Адаптивна технічна система - це система, що зберігає працездатність при непередбачених змінах властивостей керованого об'єкта, мети керування або навколишнього середовища шляхом зміни алгоритму функціонування. Таким чином, поведінка адаптивного робота як технічної системи повинне бути побудоване на основі сформульованого завдання з урахуванням зміни властивостей навколишнього середовища.

Роботи 2-го й 3-го поколінь є *адаптивними*, однак рівень адаптації у роботів 3-го покоління вище, і їх прийнято називати *роботами зі штучним інтелектом*, тоді як роботи 2-го покоління - просто *адаптивними роботами*. Таким чином, адаптивний робот 2-го покоління займає проміжне положення між програмним роботом і роботом зі штучним інтелектом. Так, у програмного робота, повністю позбавленого інформації про стан середовища, у якій він функціонує, адаптація відсутня, а адаптивний промисловий робот, тобто робот, обладнаний системою чуття, може успішно функціонувати тільки в тому середовищі, зміни якого можна заздалегідь передбачати.

На відміну від адаптивного, робот зі штучним інтелектом не обладнаний різного роду розпорядженнями поводження в тих або інших випадках: він їх виробляє сам у процесі виконання завдання. Це досягається не за рахунок ускладнення системи чуття (вона може й не відрізнятися від системи адаптивного робота), але за рахунок додання інтелектуальному роботіві могутніших механізмів обробки вхідної інформації й планування поводження.

Насправді немає чіткої границі між перерахованими вище трьома поколіннями роботів: навіть програмний робот, обладнаний маніпулятором із сервоприводами, є адаптивним у тому розумінні, що його система керування приводами, побудована за принципом зворотного зв'язка, здатна парировати деякі збурювання, що виникають у процесі руху виконавчого механізму (наприклад, змінні моменти інерції ланок, різні маси вантажів у захваті й т. ін.), при цьому така компонента адаптивного робота, як система чуття, представлена тут датчиками положення (і, можливо, швидкості), установленими в рухливих зчленуваннях. Ясно, що в цьому випадку

реалізується адаптація найнижчого рівня.

Успіх у створенні роботів наступних поколінь багато в чому залежить від вирішення двох центральних проблем: підвищення *чуття маніпуляторів* і *інтелектуалізації керування*. Рішення цих проблем вимагає створення систем чуття неадекватних систем керування, здатних використовувати отриману інформацію про зовнішнє середовище як у процесі планування дій робота, так і в процесі виконання.

Теорія

1.1. Інформація. Інформаційні процеси та виміри.

Будь-якій самоорганізованій системі властива наявність системи для відображення - *інформаційної системи*.

Основною здатністю самоорганізованої системи є можливість змінюватися під впливом деяких факторів навколишнього світу, які є визначальними для даної системи.

Інформаційні системи сильно відрізняються від енергетичних приладів і систем, основною функцією яких є процеси передачі й, перетворення енергії. Основною функцією інформаційної системи є процеси передачі, перетворення й накопичування інформації. Тому критерієм якості роботи інформаційного устаткування є, насамперед, їхня здатність передавати, накопичувати або змінювати необхідну кількість інформації за одиницю часу при припустимих помилках і втратах, а не коефіцієнт корисної дії, як в енергетичних системах.

В інформаційних системах енергетичні співвідношення відіграють другорядну роль, а енергія є характеристикою сигналу.

Повідомлення - форма подачі інформації.

Фізичне середовище, за допомогою якого відбувається передача сигналів від передавача до приймача, називається - лінією зв'язку.

Структурна схема інформаційної системи наведена на рисунку 1.1.

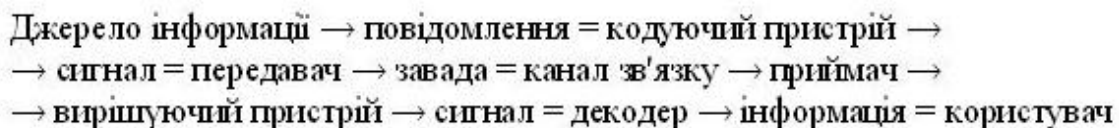


Рис. 1.1 - Структурна схема інформаційної системи.

Сукупність засобів, призначених для передачі сигналів, називається *каналом зв'язку*.

Особливою формою сигналів є *знаки*. Під *знаком* розуміють матеріальний предмет, явище, подія, що керує представленням (заміною) іншого предмета й використовується для одержання, заощадження й передачі інформації.

Одним зі способів одержання інформації є *вимір*.

1.2. Основні поняття й визначення

Розглянемо деяку активну систему, що взаємодіє з зовнішнім середовищем. Припустимо, що ця система має апіорну інформацію I_a про середовище й у процесі функціонування одержує поточну інформацію I_p як про зовнішнє середовище, так і про власний стан. Її метою є прийняття рішень, пов'язаних з перетворенням або аналізом зовнішнього середовища. Як правило, інформація, наявна в розпорядженні системи, є неповною, тобто вона функціонує в умовах невизначеності. Під адаптацією будемо розуміти здатність активної системи досягати заданих цілей в умовах невизначеності на основі використання поточної інформації про власний стан і стан середовища. При цьому можуть змінюватися параметри системи, її структура й алгоритм функціонування.

Отже, адаптивною ми називаємо систему, що може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов. Найпростішою адаптивною системою можна вважати систему зі зворотним зв'язком (система, що стежить).

У цей час стосовно до систем керування адаптацію часто розглядають із двох позицій. З одного боку, коли системи керування мають у своєму складі сенсорні пристрої, що забезпечують одержання інформації I_p про стан середовища або властивості об'єктів, причому ці дані використовуються для рішення завдань, пов'язаних з формуванням керування системою. З іншого боку, коли системи керування використовують адаптивні алгоритми, здатні змінюватися під впливом поточної I_p або навчальної I_a інформації від сенсорів. В обох випадках наявність сенсорної (інформаційної) системи є ознакою адаптивної структури.

Як приклад активної адаптивної системи розглянемо систему керування адаптивного робота (рис. 1.1). До складу інформаційної системи тут входять підсистема сприйняття навколишнього середовища й підсистема зв'язку. Підсистема сприйняття навколишнього середовища містить датчики (вимірювальні перетворювачі або інформаційні пристрої), що включають не показані на схемі первинні перетворювачі (чутливі елементи). Сигнали з датчиків надходять у блок обробки даних і далі в блок аналізу робочої сцени й об'єктів, що перебувають на ній. При цьому використовується апіорна інформація I_a про робочу сцену у вигляді математичної моделі, що уточнюється за допомогою підсистеми зв'язку. Отримана інформація застосовується для планування рухів на виконавчому, тактичному й стратегічному рівнях. Ці рухи реалізуються робочим механізмом. Для робота це звичайно маніпулятор, обладнаний відповідним інструментом. Розглянута схема зберігається й у випадку мобільного робота, у якого робочий механізм включає також засобу пересування.

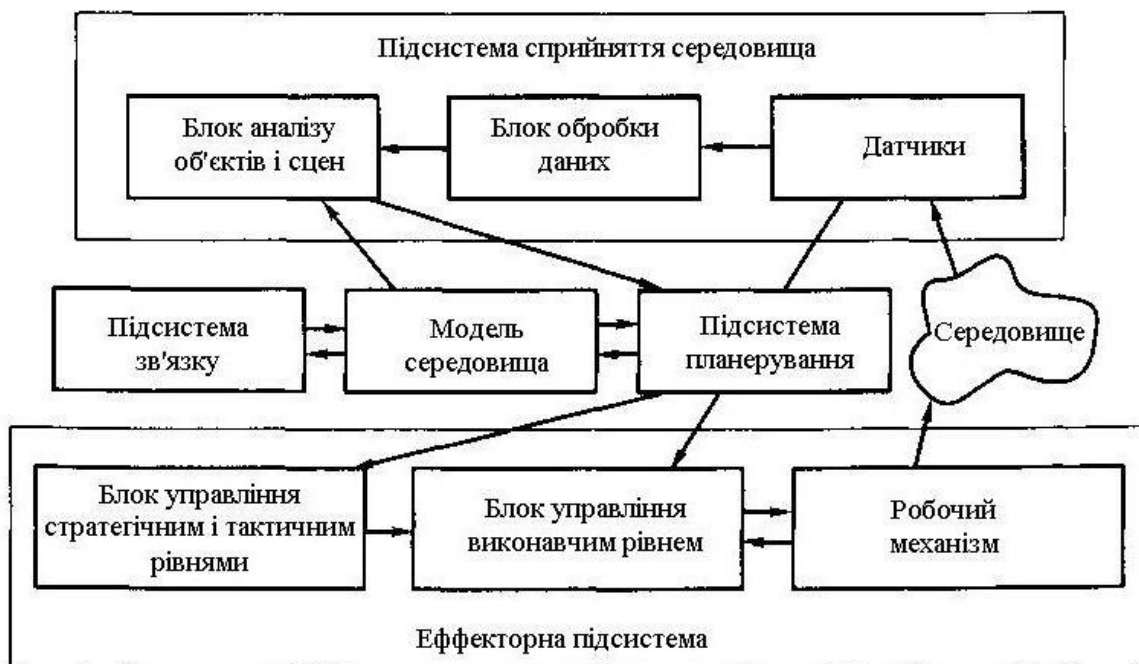


Рис. 1.2 - Структурна схема адаптивного робота

Первинним перетворювачем, або чутливим елементом (ЧЕ), називається найпростіший елемент інформаційної системи, що змінює свій стан під дією зовнішнього збудження, наприклад фотодіод або тензорезистор.

Датчик являє собою пристрій, що під впливом вимірюваної фізичної величини видає еквівалентний сигнал (звичайно електричної природи - заряд, струм, напруга або імпеданс), що є однозначною функцією вимірюваної величини. Найпростіший датчик складається з одного або декількох первинних перетворювачів і вимірювального кола. Більшість датчиків має зовнішнє джерело живлення, а як навантаження може бути використаний підсилювач, вимірювальний прилад, блок сполучення з комп'ютером і т.п.

Класифікаційних ознак дуже багато, тому класифікація датчиків являє собою досить складне завдання. Для простоти виділимо три ознаки: тип сенсорної функції, що заміщується, радіус дії й спосіб перетворення. При цьому збережемо прийняту в біології класифікацію сенсорних функцій. Тоді по типу функції, що заміщається, датчики можна підрозділити на чотири групи: кінестетичні, локаційні, візуальні й тактильні. Залежно від радіуса дії розрізняють контактні датчики, датчики ближньої й далекої дії. Нарешті, за способом перетворення виділяють генераторні (активні) і параметричні (пасивні) датчики. Розглянемо кожну групу більш докладно.

Кінестетичні датчики формують інформаційний масив даних про узагальнені координати й сили, тобто про положення й відносні переміщення окремих робочих органів і розвиваючих ними зусиллях. До кінестетичних відносяться датчики положення, швидкості, вимірювачі сил і моментів у зчленуваннях багатоланкового механізму.

Локаційні датчики призначені для визначення й виміру фізичних параметрів середовища шляхом випромінювання й прийому відбитих від об'єктів сигналів. За значеннями цих параметрів

формується локаційний образ середовища, що використовується для ідентифікації її об'єктів. Найпоширеніші електромагнітні, у тому числі оптичні, а також акустичні пристрої.

Візуальні датчики забезпечують одержання інформації про геометричні й фізичні характеристики зовнішнього середовища на основі аналізу її освітленості в оптичному діапазоні, включаючи ІЧ, СВЧ і рентгенівського випромінювання. Прикладом є різні телевізійні системи.

Тактильні датчики дозволяють визначити характер контакту з об'єктами зовнішнього середовища з метою їхнього розпізнавання. Це, наприклад, тактильні матриці й силомоментні датчики. Тактильні датчики відносяться до датчиків контактного типу.

Контактними є також кінестатичні датчики. Сенсорні пристрої ближньої дії одержують інформацію про середовище поблизу об'єкта роботи, далекого - про всю робочу зону. Прикладами є візуальні й акустичні перетворювачі.

Генераторні датчики є джерелом безпосередньо видаваного електричного сигналу. Це - термоелектричні перетворювачі; пристрою, в основі функціонування яких лежать піро- і п'єзоелектричні ефекти, явище електромагнітної індукції, фотоелектричний ефект, ефект Хола й ін.

У параметричних датчиках під впливом вимірюваної величини змінюються деякі параметри вихідного імпедансу. Імпеданс датчика обумовлений його геометрією й розміром елементів, а також електромагнітними властивостями матеріалу: питомим електричним опором P , відносною магнітною проникністю μ , відносною діелектричною проникністю ϵ_r . У перетворювачах цього типу сигнал формується вимірювальним колом (потенціометричною або мостовою схемою, коливальним контуром, операційним підсилювачем). Параметричними перетворювачами є більшість датчиків сили, тиску, переміщення.

Крім того, до датчиків систем висувують наступні вимоги:

- висока надійність і завадостійкість в умовах електромагнітних завад, коливань напруги й частоти;
- малогабаритність, простота конструкції, здатність поміститись в частинах маніпулятора при обмеженій площі й обсязі;
- розв'язка вихідних і вхідних ланцюгів, простота юстировки й обслуговування;
- можливість абсолютного відліку параметрів і ін.

Один або кілька датчиків у сукупності з посилюючими й перетворюючими пристроями утворюють *інформаційну систему* (рис. 1.2). Інформаційна (інформаційно-сенсорна) система призначена для інтегральної оцінки спостережуваного процесу або явища з метою визначення його стану й формування відповідного повідомлення. У загальному випадку вона являє собою сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних і інших допоміжних засобів для одержання вимірювальної інформації, її перетворення й обробки для надання в необхідному виді. В інформаційній системі сигнали, що надходять із датчиків, після попереднього посилення й перетворення в цифрову форму надходять на мікро-ЕОМ, де виконується інтегральна оцінка

процесу. Далі формується повідомлення на верхній рівень інформаційної системи або в систему керування.

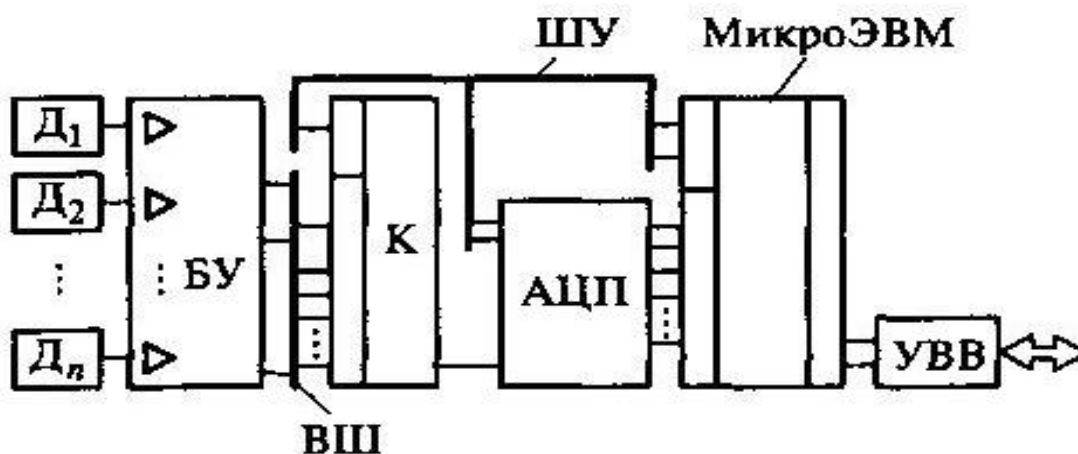


Рис. 1.3 - Приклад функціональної схеми інформаційної системи:

$D_1 - D_n$ - датчики; БУ - блок підсилювачів; ДО - комутатор; ШУ - шина керування; УВВ - пристрій введення-виводу; АЦП - аналого-цифровий перетворювач; ВШ - внутрішня шина

У робототехніці інформаційні системи використовуються на трьох рівнях керування: виконавчому, тактичному й стратегічному.

1.3 Принципи сприйняття, обробки інформації і керування

1.3.1. Загальні відомості

Як уже було відзначено раніше, роботів створювали з метою замінити людину в тих випадках, коли вона по тим або іншим причинам не може взяти безпосередню участь у виконанні досить складних операцій. Антропологічний підхід до термінології в робототехніці заснований на використанні прийнятих у біології, біофізиці й психології термінів для позначення відповідних робото-технічних категорій. У результаті виникли такі поняття, як сприйняття інформації роботом, прийняття їм рішень, штучний інтелект робота й т.п. Антропологічний підхід, що, можна назвати біонічним, був застосований при класифікації датчиків. У його основі лежить принцип заміщення або посилення деякої сенсорної функції людини.

У ході еволюції у всіх організмів розвилися спеціалізовані сенсорні органи, влаштовані так, щоб оптимальним чином відповідати на певні стимули. Ці органи підрозділяють на три групи. *Екстероцептори* - це рецептори, які стимулюються навколишнім середовищем; вони беруть участь у реалізації слухової, візуальної і тактильної сенсорних функцій. *Пропріоцептори* визначають варіації довжини м'язів, натягу сухожиль і інших параметрів положення й руху. Ці рецептори беруть участь у формуванні кінестатичної та тактильної сенсорних функцій. До групи пропріоцепторів відноситься й вестибулярний апарат. *Інтероцептори* реєструють інформацію,

що надходить від внутрішніх органів тіла. Це, зокрема, датчики температури, кров'яного тиску, складу крові й т.п. Більша частина інформації, що посилається в центральну нервову систему інтеро- і пропріоцепторами, не сприймається свідомістю.

Сприйняття зовнішнього світу людиною здійснюється через шість основних каналів сенсорної рецепції, що утворюють розподілену інформаційну мережу. Це канали органів почуттів - слух, зір, дотик, терморцепція, нюх і смак. У кожному з них збудження реєструється системою ЧЕ (рецепторів), специфічних для різних сенсорних модальностей, і передається по каналу зв'язку (нервовому волокну) у вигляді потенціалів дій. Система рецепторів кожної модальності пов'язана з певними відділами центральної нервової системи. Вид каналів зв'язку основних сенсорних модальностей наведено на рис. 1.4.

Розпізнавання сенсорного образу у людини є результатом спільної роботи інформаційної системи й мозку. Значна частина інформації обробляється вже на рівні рецепторів. При цьому можливості рецепторів по передачі інформації істотно перевищують можливості інформаційної системи по її переробці, а отже, пропускна здатність рецепторних нейронів визначає максимальний потік інформації. Таким чином, кількість інформації надмірна й вона повинна бути скорочена завдяки попередній обробці в процесі передачі від рецепторів до мозку.

Рецепторні клітини

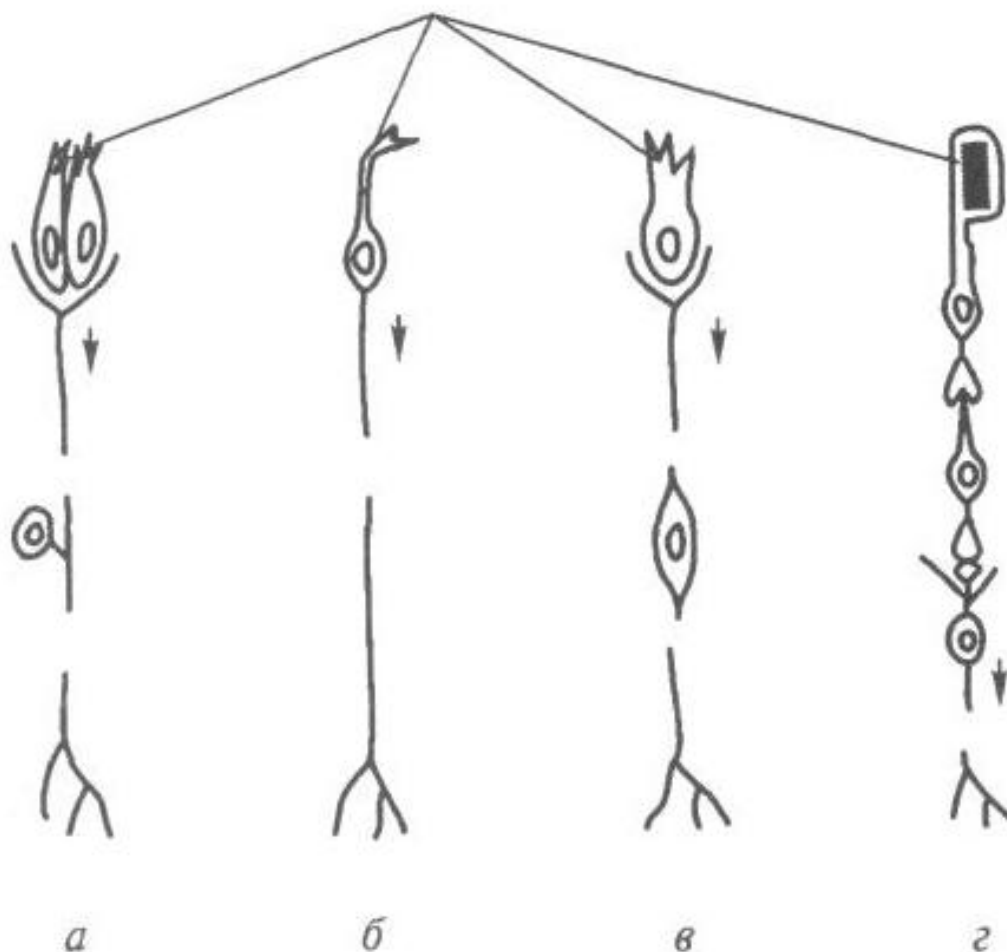


Рис. 1.4 - Канали зв'язку сенсорних функцій людини: а - смак; б - нюх; в - слух; г - зір

Головна функція обробки інформації на рівні рецепторів полягає у виділенні певних важливих сторін і властивостей сигналів, які поступають ззовні, і усуненні надмірності. Найважливішим завданням тут є виділення *контрасту стимулу*. Інформація про стимул, який усе триває й триває, мозку потрібна істотно менше. Наприклад, у зорі основне значення має *контурна інформація*.

У всіх типах рецепції діють загальні принципи інтегрального опису стимулів, засновані на аналізі їхніх ознак.

Таблиця 1.1 - Ознаки сенсорних функцій біонічної системи

Сенсорна функція	Ознаки
Смак	Солодке, солоне, кисле і гірке

Нюх (запах)	Мускусний, камфорний, квітковий, ефірний, м'ятний, гострий і гнильний
Слух	Об'єм, гучність, щільність, висота
Терморецепція	Міри тепла
Тактильна	Чутливість, роздільна здатність
Зір	Чутливість, роздільна здатність, спектральна характеристика

Зупинимось на цьому більш докладно. Одним з основних принципів є використання декількох типів відчуттів для формування всієї їхньої розмаїтості. Всю гаму смакових відчуттів уявляють у вигляді суперпозиції чотирьох основних смакових якостей: солодке, солоне, кисле й гірке. У цьому легко перекопатися при аналізі органа смаку. Так, кінчик язика чутливий до солодкого і солоного, бічні його поверхні - до кислого, а спинка - до гіркого. Смак будь-якої речовини імітується змішуванням двох-трьох основних якостей смаку. Приблизно такі ж принципи й з нюхом. Людина здатна розпізнати запах біля сотні тисяч різних речовин, однак на відміну від смаку, що характеризується абстрактним поданням, наприклад про кислий, подання про запахи конкретні й пов'язані з якою-небудь речовиною (мигдалем, камфорою й ін.). Відповідно до пануючої в цей час стереохімічної теорії нюху Монкриффа - Эймура, виділяють сім первинних запахів: мускусний, камфорний, квітковий, ефірний, м'ятний, гострий і гнильний. З'ясувалося, що речовини, які відносяться до однієї групи, мають подібність у стереомоделі. Зокрема, для молекул речовин, що володіють камфорним запахом, характерні округла форма й розмір близько 1 нм. Передбачається, що існує від 4 до 12 типів рецепторів, що відповідають основним запахам.

1.3.2. Кінестетична рецепція

Найважливішу роль в підвищенні чуття робота грають кінестетичні сенсори. Кінестетична функція служить для забезпечення погоджених рухів опорно-рухового апарата людини. Вона реалізується нелокалізованою системою рецепторів, у якій досить складно виділити окремі датчики параметрів. З позиції біоніки кінестетичні рецептори, що знаходяться в кожному м'язі, є інформаційними елементами виконавчого рівня керування (як би датчиками відповідних контурів регулювання). Вони реєструють зміни відносного положення окремих елементів рухової системи. Кінестетична функція, пов'язана із забезпеченням належної орієнтації в просторі всього організму, реалізується вестибулярним апаратом. У цьому змісті він відповідає інформаційній системі тактичного рівня керування. Його функціонування здійснюється під керуванням нервової системи.

Виконавчим механізмом організму є кістяк, рухова активність якого формується за допомогою зв'язок та суглобів (кінематичних пар), а також м'язів (приводів).

М'язова тканина являє собою найважчий і об'ємний орган. На кістяку міститься 639 м'язів. Кожний грам м'язів містить близько 5000 нервових волокон, що зв'язують їх з мозком. Приводна система організму має досить високу потужність.

Так, для м'яза руки миттєве значення потужності, що визначається як добуток сили, що розвивається нею, на швидкість скорочення, досягає 200 Вт при швидкості скорочення 2,5 м/с, а її



коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 30...40 %.

У фізіології кінестетичну сенсорну функцію зв'язують із рецепторами трьох підсистем: **м'язової й сухожильної** (вони контролюють характеристики переміщення, швидкості й зусилля), шкірної (пов'язаної з виміром параметрів тиску й проковзування) і **вестибулярним апаратом**. Відносячи шкірну підсистему до розділу тактильної рецепції, можна вважати, що стосовно до робота кінестетична функція описується в термінах пози й руху. Почуття пози визначається кутами між суглобами, воно дозволяє, наприклад, синхронізувати рух обох рук у тестах із зав'язаними очами. Почуття руху пов'язане зі сприйняттям напрямку й швидкості відносного переміщення суглобів. Амплітудний поріг цього сприйняття залежить від кутової швидкості. Так, для плечового суглоба при мінімальній кутовій швидкості руху $0,06 \text{ рад/с}$ він становить $2-4^\circ$, а при кутовій швидкості $1,7 \text{ рад/с}$ - близько 30° . Почуття сили відчувається як ступінь м'язового зусилля, необхідного для виконання руху й підтримки пози. Завдяки йому людина може оцінити, наприклад, різницю мас предметів при їх «зважуванні» обома руками, що не перевищує 3...10 %.

Найважливішу роль у кінестетичній функції грають м'язові веретена, що являють собою рецептори розтягання. Інша численна група рецепторів - сухожильні органи (або рецептори Гольджі). Розташовуються вони в сухожиллях всіх м'язів і також являють собою рецептори розтягання.

Передача інформації в кінестетичній системі здійснюється шляхом частотно-імпульсної модуляції: під час розтягання рецепторів частота імпульсації збільшується. При цьому м'язові веретена збуджуються головним чином при зміні довжини м'яза, а сухожильні органи - при її напрузі. Отже, у кожного м'яза є дві системи зворотного зв'язка: регуляція довжини з м'язовими веретенами як датчики положення й регуляція напруги, датчиками в якій служать сухожильні органи. З позицій теорії керування наявність двох таких контурів дозволяє контролювати зміну навантаження на м'яз зміною або її довжини при кінцевій напрузі (ізотонічно), або напруги при постійній довжині (ізометрично) м'яза. Можливо, що в такий спосіб підтримується сталість твердості м'яза, обумовлена як відношення зміни напруги до зміни довжини.

Вестибулярний орган, відповідальний за почуття рівноваги, філогенетично близький органу слуху. Вестибулярний апарат складається із заповнених рідиною (ендолімфою) отолітового апарата й напівкружних каналів. В отолітовому апараті перебуває желеобразна структура із включеннями кам'янистих утворень, що одержала назву отолітової мембрани. Переміщення мембрани (її густина становить близько $2,5 \text{ г/см}^3$) в ендолімфі під дією сили ваги сприймається рісничками. Рецептори формують імпульсні посилки в будь-якому положенні вестибулярного органа. Поворот голови в одному напрямку збільшує частоту імпульсації, поворот в іншому - зменшує. Таким чином, при будь-якій орієнтації голови виникає специфічна картина збудження нервових волокон. Дана система може визначити положення організму в полі дії сил. Оскільки в повсякденному житті прискорення сили ваги набагато перевищує інші прискорення (наприклад, що виникають при розгоні автомобіля), останні грають для вестибулярної системи підлеглу роль. Напівкружні канали, розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах і також заповнені ендолімфою, містять желеобразну структуру - купулу, щільність якої дорівнює щільності ендолімфи. Канали діють як замкнуті кругові трубки. Внаслідок рівності густин купули й

ендолімфи лінійні прискорення, включаючи гравітаційні, на цей орган не впливають. При поворотах же голови (і напівкругних каналів) у результаті інерційності виникає різниця тисків з обох сторін купули, вона відхиляється убік, протилежний руху, збуджуючи тим самим відповідні ріснички. При обертанні голови щодо будь-якої діагональної осі мозок, виконуючи векторний аналіз інформації, визначає щирю вісь обертання. Купулярна система досить точна (фіксується поворот на кут, рівний $0,005^\circ$), але інерційна (її постійна часу $\tau \approx 10...30c$).

1.3.3. Слухова рецепція

Для звукового сприйняття характерні чотири виміри: обсяг, гучність, щільність і висота. Ці суб'єктивні властивості звуку визначаються двома фізичними змінними сигналу: його амплітудою й частотою.

Слуховий апарат тварин і людини складається із трьох основних частин: зовнішнього, середнього й внутрішнього вуха. Зовнішнє вухо являє собою резонатор; у людини він має власну резонансну частоту близько 3 кГц. Середнє вухо містить систему дрібних кісточок - молоточок, наковаленка й стремінце, відділені від зовнішнього вуха барабанною перетинкою. Абсолютна чутливість вуха досить велика. Людина, наприклад, здатна чути удари молекул повітря об барабанну перетинку. *Діапазон амплітуд коливань барабанної перетинки становить $10^{-9}...2 \cdot 10^{-5}$ см.* Внутрішнє вухо - *равлик - являє собою спірально закручений кістковий канал (у людини він має 2,5 витки, у тварин до 5).* У равлику перебуває основний орган слуху - базиллярна мембрана з розташованими на ній волосяними рецепторами. Для пояснення ефекту слуху використовують теорію «хвилі, що біжить» Д. Бекеші, відповідно до якої при сприйнятті звуку на базиллярній мембрані виникає хвиля, що рухається від основи равлика до її вершини. Амплітуда хвилі, що біжить, залежить від твердості мембрани в конкретній точці. Таким чином, базиллярна мембрана являє собою своєрідний фільтр, у якому високочастотні коливання поширюються лише в області, де твердість мембрани висока, а низькочастотні проходять всю мембрану, аж до її вершини.

Поріг чутності (мінімальний рівень звукового тиску) залежить від частоти звуку. Людське вухо найбільше відчутно в діапазоні частот 2000...5000 Гц. Гучність звуку (рівень звукового тиску) є амплітудною характеристикою. Звуки рівної гучності чуються по-різному залежно від їхньої частоти. Поріг розрізнення частот досить суб'єктивний і залежить від частоти сигналу. При оптимальній частоті 1000 Гц він становить 0,3 % або 3 Гц. Слухова орієнтація в просторі визначається бінауральним ефектом. Він заснований на тім, що відстані від кожного вуха до джерела звуку різні, а отже, різні рівні звукових тисків у барабанних перетинках.

1.3.4. Зорова рецепція

Візуальні аналізаторні системи людини - це складні багаторівневі утворення, що служать для аналізу оптичних сигналів. Те, що сприймається зором, є результат взаємодії сенсорних і рухових механізмів ока й центральної нервової системи, оскільки як довільні, так і мимовільні рухи очей і голови змушують зображення зміщатися кожні 200...600 мс. Мозок створює цілісну

картину з послідовності дискретних зображень. Рухи, що змінюють напрямки погляду, встановлюють око в таке положення, при якому зображення попадає в ту точку сітківки, де гострота зору максимальна. Великий об'єкт сканується оком внаслідок різких стрибків - саккад з амплітудою від декількох кутових хвилин до 90° і кутовою швидкістю до 9 рад/с. Стосовно до дрібних об'єктів характерні мікро-саккади із частотою 20... 150 Гц і амплітудою в кілька кутових хвилин. У той же час при скануванні об'єктів, що швидко рухаються (зі швидкістю більше 1,5 рад/с) око відстає й зображення «розмивається», тобто не попадає в область максимальної гостроти зору.

Зорова система організована за явно вираженому ієрархічним принципом. Її основними рівнями є: фоторецептори сітківки ока, зоровий нерв, область перетинання зорових нервів (хіазму), зоровий канатик (місце виходу зорового шляху з області хіазми), а також нервові шляхи до зорової кори головного мозку.

Сітківка ока являє собою дуже складний орган. Її рецепторний шар містить два типи рецепторів: біля $6 \cdot 10^6$ колбочок (утворюючих апарат денного, фотопічного зору) і біля $120 \cdot 10^6$ паличок (що відносяться до апарату сутінкового, скотопічного зору). Колбочки й палички нерівномірно розподілені в різних областях сітківки. Колбочок значно більше в її центральній частині - центральній ямці й жовтій плямі, тобто в зоні максимально ясного зору. Палички тут відсутні, вони розподілені навколо ямки. Жовта пляма трохи зрушена убік від місця виходу зорового нерва. Ця зона, де рецепторів ні, називається сліпою плямою.

Людина ставиться до числа так званих фронтальних ссавців, у яких зорові поля перекриваються. Це дозволяє людині виконувати точні маніпуляції руками під контролем зору й забезпечує точність і глибину бачення (стереоскопічне, або бінокулярний зір). Бінокулярний зір характеризує можливість змінення образів об'єкта, що виникають у кожній сітківці. Зона перекриття зорових полів обох очей близько 120° , у той час як зона монокулярного бачення становить близько 30° для кожного ока (саме такий кут зору має око щодо його центральної точки).

Візуальна інформація передається в головний мозок по зоровому нерву, що складається з 10^6 аксонів. Зорові волокна, що йдуть від носових половин сітчаток, перетинаються в хіазмі й переходять на протилежну частину зорової кори, волокна ж скроневої області не перетинаються. Отже, розташовані до носа від середньої лінії (назальні відділи) ділянки сітківки беруть участь у механізмах бінокулярного, а розташовані в скроневої відділах (темпоральні відділи) ділянки - у механізмах монокулярного зору.

У наш час думають, що сприйняття глибини простору залежить також від ряду додаткових факторів, у тому числі зорового досвіду. Зображення об'єкта проектується на сітківку праворуч від центральної ямки в лівому оці й ліворуч від її в правому. Це дозволяє при бінокулярному зорі створити не перехресні подвійні зображення. Їхнє накладення здійснюється в так званому циклопічному оці уявлюваному органі, у якому проектується сітківки правого й лівого очей (рис. 1.5). Встановлено, що зображення не буде двоїтися, якщо об'єкт перебуває в області гороптера - криволінійної поверхні, на якій лежать вузлові точки обох очей і точка фіксації.

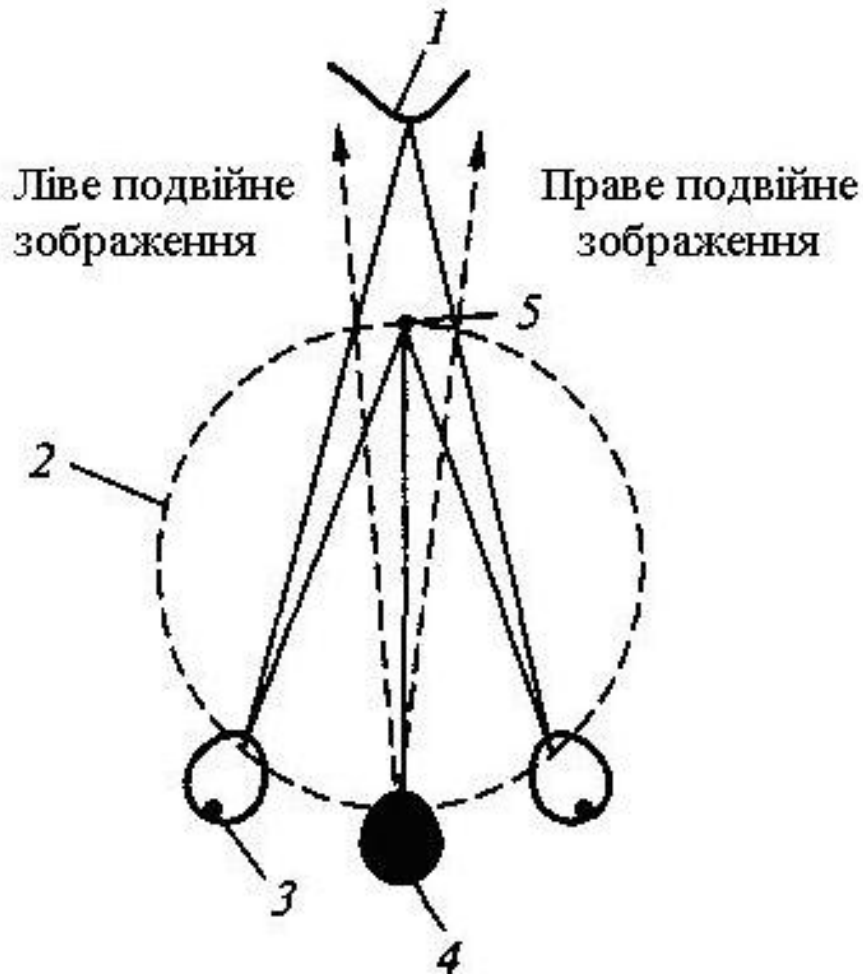


Рис. 1.5 - Схема бінокулярного зору:

1 - об'єкт; 2 - горноптерне коло; 3 - центральна ямка; 4 - «циклопічне» око; 5 - точка фіксації

1.3.5. Особливості тактильної рецепції

Біологічна значимість тактильної сенсорної функції, мабуть, найбільш висока. Якщо відсутність спеціальних видів чутливості - зору, слуху, нюху й т.д. не приводить до загибелі організму, то відсутність тактильної (шкірної) рецепції несумісно з життям. Тактильна рецепція й у філогенетичному змісті є самою древньою. Вона поєднує кілька видів чутливості, які можна розділити на дві категорії: чутливість, пов'язана зі шкірними рецепторами, і види чутливості, пов'язані з рецепторами, які перебувають у м'язах, суглобах і сухожиллях.

Шкіра є запобіжною оболонкою організму. Її загальна площа досягає в середньому $2,5 \text{ м}^2$. У шкірі, м'язах, суглобах і сухожиллях перебуває величезна кількість рецепторів. У середині шкіри, наприклад, можна виділити принаймні чотири самостійних види рецепції: температурна (теплова й холодова), тактильна, болюча й вібраційна (іноді її характеризують як залежну від трьох інших). Цим чотирьом видам шкірної чутливості відповідають різні рецепторні апарати.

До числа основних відносяться:

- колбочки Краузе, роздратування яких дає відчуття холоду;
- циліндричні рецептори Руффіні, що формують теплові відчуття;
- корзинчасті сплетення й тельця Меснера, відповідальні за виникнення відчуттів дотику й тиски;
- так звані вільні нервові закінчення, пов'язані з болючими функціями.

Крім шкірних рецепторів існують розглянуті вище рецептори м'язів, суглобів і сухожиль, пов'язані із пропріоцептивною (кінестетичною) чутливістю. Вони виробляють сигнали в той момент, коли відбувається зміна силових факторів в опорно-руховому апараті, будучи в такий спосіб носіями інформації про розташування й рух м'язово-суглобного комплексу.

У цілому шкіра й опорно-м'язовий апарат являють собою як би величезний розподілений рецептор, що винесений назовні для первинної обробки контактних впливів. Шкіра неоднорідна по кількості й характеру представлених у ній рецепторів. Рецептори шкіри у фізіології прийнято ділити на три групи: повільно адаптуються, що швидко адаптуються й тельця Пачіні. Перші формують безперервний потік імпульсів при постійному механічному стимулі (наприклад, дії ваги людини на стопу). Другі реєструють механічні стимули, що змінюються в часі, при цьому величина реакції буде пропорційна швидкості стимулу. Треті являють собою рецептори, що дуже швидко адаптуються. У цьому змісті доречні наступні біонічні аналогії. Повільно, що адаптуються рецептори, можна розглядати як ЧЕ датчиків сили (тиску) або деформації шкіри; швидко, що адаптуються рецептори, час адаптації яких 50...500 мс, подібні до датчиків швидкості, а тельця Пачіні є аналогами ЧЕ датчиків прискорення або вібрації шкіри. У тактильних системах їхню функцію виконують датчики проковзування.

Для передачі збуджень від рецепторів шкіри й опорно-рухового апарату в організмі існує три типи волокон: А, У і С. Ці канали зв'язку передають різну інформацію й відрізняються діаметром і ступенем мієлінізації, і тим самим швидкістю проведення нервового імпульсу. Волокна типу А мають найбільший діаметр (8...12 мкм) і сильно мієлінізовані, що дозволяє передавати збудження зі швидкістю до 120 м/с. Ці волокна є каналами передачі сигналів тактильної й кінестетичної природи, що йдуть від м'язів, сухожиль і суглобів. Волокна типу В, обладнані тонкої миєліновою оболонкою, мають діаметр 4...8 мкм, проводять збудження зі швидкістю 15...40 м/с і зв'язані в основному з температурною й болючою рецепцією. Нарешті, волокна типу Із взагалі не містять мієлінову оболонку, мають діаметр < 4 мкм і швидкість передачі збудження 0,5...15 м/с. Вони пов'язані з болючими й частково температурними відчуттями. У тактильній рецепції поряд з певною спеціалізацією спостерігається також перекриття рецепторних каналів, відповідальних за різні функції. Так, болюча й температурна чутливість переважно пов'язані із самими тонкими волокнами Із, а тактильні відчуття проводяться по більших волокнах А і В.

Ми розглянули найважливіші біологічні механізми сенсорних функцій, які є прототипом інформаційної (сенсорної) системи робота. Помітимо, що в багатьох випадках те саме поведінкове завдання може бути вирішене шляхом об'єднання декількох сенсорних

модальностей.

1.4 Система керування адаптивного робота

Системи чуття промислових роботів, конструкція цих систем, характеристики й алгоритми обробки інформації не можна розглядати поза взаємозв'язком із *системою керування робота*. Існують проблеми узгодження параметрів систем чуття, мов їхнього програмування й процесу навчання з відповідними характеристиками промислового робота. Серед таких проблем в області використання масиву інформації про зовнішнє середовище, сформованого за допомогою систем чуття роботів, необхідно відзначити наступні три групи: *подання інформації, планування обробки інформації й організація адаптивного керування*.

Для раціонального використання інформації, що збирається системами чуття, необхідно розробити формалізований опис даних про параметри робота й навколишнього для нього робочого простору у формі, що забезпечує легкість, доступність, зручність кодування й наступного введення в цифрову систему керування маніпулятора, а також організувати обробку сенсорної інформації відразу на декількох ієрархічних рівнях системи керування.

Проблеми організації адаптивного керування полягають в необхідності забезпечення одночасної обробки великого обсягу інформації й формування команд керування в реальному масштабі часу, моделювання процесів функціонування адаптивного робота з метою розробки методів самонавчання систем керування на основі сенсорної інформації, що використовується у процесі функціонування робота. Серед проблем керування адаптивними роботами слід зазначити розробку методів керування з використанням елементів теорії штучного інтелекту й удосконалювання проблемно-орієнтованих мов для програмування процесів навчання й керування роботів, оснащених системами чуття.

Наведений перелік проблем, які доводиться вирішувати при створенні досконалих адаптивних роботів, свідчить, що подальший розвиток систем чуття в значній мірі визначається рівнем розвитку теорії штучного інтелекту.

Система керування адаптивного робота виконує наступні основні функції: прийом інформації від системи чуття і її обробка, забезпечення зв'язку з людиною-оператором, керування маніпулятором відповідно до завдання, сформульованого оператором, і тієї інформації, що система керування одержує від системи чуття.

Однією з характерних рис адаптивного робота є чітко виражена ієрархія його систем керування. Наявність ієрархічних рівнів може бути властиво системам керування й не адаптивних роботів, однак ієрархія - це необхідний спосіб організації цілеспрямованого поведіння адаптивного робота. Цей спосіб полягає в декомпозиції функцій системи керування робота, визначенні потоків інформації між підсистемами, що реалізують ці функції, і, нарешті, реалізації цих функцій на відповідних обчислювальних пристроях.

Ядром системи керування адаптивних роботів є, як правило керуюча микро-ЕОМ,

мультипроцесорні обчислювальні системи.

Програмне забезпечення адаптивних роботів - це одна з основних проблем, що постають перед розроблювачами систем керування й систем чуття цих роботів, особливо СТЗ. Програмне забезпечення визначає рівень адаптації робота.

Існують різні підходи до розробки програмного забезпечення адаптивних роботів. Останнім часом все більше застосування знаходить підхід, основу якого покладений погляд на програмне забезпечення як на проблемно-орієнтовану операційну систему, що містить практично всі атрибути універсальних операційних систем: розвинене ядро, монітор, широкий набір керуючих і обробних програм (особливу роль серед останніх грають мовні транслятори).

До достоїнств такого підходу можна віднести наступне.

1. Для проектування й розробки програмного забезпечення роботів можна скористатися багатим досвідом і результатами, отриманими при розробці універсальних операційних систем, а також операційних систем реального часу.
2. Аналогія з операційними системами породжує нові ідеї й підходи, які можна транспонувати із систем програмування обчислювальних машин на системи програмування роботів.

Конструктивність розглянутого підходу полягає в тому, що при проектуванні програмного забезпечення адаптивного робота використовується універсальна операційна система не тільки як програмна база інструментальних робото-технічних комплексів, але і як ядро розроблювального проблемно-орієнтованого забезпечення.

Програмному забезпеченню адаптивного робота властиве наступне:

1. Мультизадачність є практичним вираженням ієрархічного способу організації системи керування адаптивного робота. При цьому кожний рівень ієрархії оформляється у вигляді одного або декількох завдань, кожне з яких реалізує виконувану даним ієрархічним рівнем функцію, наприклад, виділення рівня привода й рівня обробки сенсорної інформації. Причому найчастіше цим завданням виділяють окремий процесор.
2. Людина-Оператор має можливість втручатися в процес виконання роботом завдання: призупинити його (з можливістю наступного перезапуску), динамічно змінювати його параметри (наприклад, швидкість руху захвата й т.п.).
3. Паралельно з виконанням роботом завдання людина-оператор може формувати нові робочі програми у вигляді текстів на вхідній проблемно-орієнтованій мові керування.

Найважливішою характеристикою адаптивного робота є простота й легкість роботи з ним людини-оператора. З одного боку, оператор повинен мати можливість сформулювати завдання, що не обов'язково повинне бути прямо пов'язане з рухом маніпулятора; з іншого боку, робот повинен при необхідності інформувати оператора про стан системи в цілому, етапах виконання завдання й т.д.

Мова, на якій формується завдання роботів, а також транслятор з неї є найважливішою частиною програмного забезпечення адаптивного робота. Основне завдання розробки програмного забезпечення - це створення високорівневих проблемно-орієнтованих мов керування роботом.

Проблемно-орієнтована мова керування - це більшою мірою компонента програмного забезпечення адаптивного робота. Основним способом подання завдання адаптивному роботів є програма, написана проблемно-орієнтованою мовою.

У наш час спостерігається бурхливий розвиток мов керування рухом роботів.

Елементи адаптації робота відбиті в різного роду умовних операторах мови.

1.5 Моделі проблемно-орієнтованого середовища

Робото-технічні комплекси являють собою взаємозалежну систему машин, устаткування, транспортних зв'язків, обчислювальних і інформаційних засобів, об'єднаних спільністю розв'язуваних завдань і призначених для досягнення єдиної мети.

Досвід розробки роботизованих систем і отримані результати при вирішенні завдань автоматизації технологічних процесів свідчать про те, що методологія проектування робото-технічних систем повинна бути заснована на системному підході, що дозволяє формувати загальні типові рішення по створенню роботизованих технологій.

Адаптація до зміни зовнішнього середовища в ПР може здійснюватися або шляхом створення адаптивних модулів (при цьому маніпулятор функціонує по твердій програмі), або шляхом корекції програми керування маніпулятором. У першому випадку можливе використання самонастроювальних і орієнтованих модулів із пристроями контролю положення об'єктів маніпулювання.

Одним з основних завдань, що виникають при побудові алгоритмічних і програмних модулів для системи керування адаптивних роботів, є створення *моделі проблемно-орієнтованого середовища*, що при реальних характеристиках датчиків дозволяла б роботів розпізнавати певний клас ситуацій. Під ситуацією при цьому розуміється опис деякого стану середовища, що складається за певних умов з урахуванням функціонального стану робота.

Інформація, що міститься в моделі проблемно-орієнтованого середовища, включає відомості як загального характеру, що відносяться до всього класу завдань, так і частки характеру, справедливий тільки для даного конкретного завдання із класу.

До *інформації першого типу* відносяться наступні відомості:

- про закономірності реального середовища, тобто про компоненти, зв'язки й відносини, що існують між цими компонентами;

- про можливість впливу на середовище з боку робота й змінах, які вони викликають;
- про ймовірні зміни в середовищі, що не залежать від робота, а також відомості про самого робота і його можливості.

До *інформації другого типу*, що характеризує умови вирішення конкретного завдання, відносяться відомості про необхідний результат вирішення й про обмеження, що накладаються на процес вирішення даного завдання.

Таким чином, завдання відображення реального середовища в адаптивній системі тісно пов'язане із завданням розпізнавання елементів фізичного середовища і його внутрішнього стану. Вирішення останнього завдання в ряді випадків неможливо без обліку інструментальних погрешностей датчиків і відповідної корекції первинного відображення зовнішнього середовища в системі. При вирішенні зазначених завдань необхідно зважати на обмеження, що накладаються на об'єм засобів, які використовуються для реалізації моделей, і з вимогами точності.

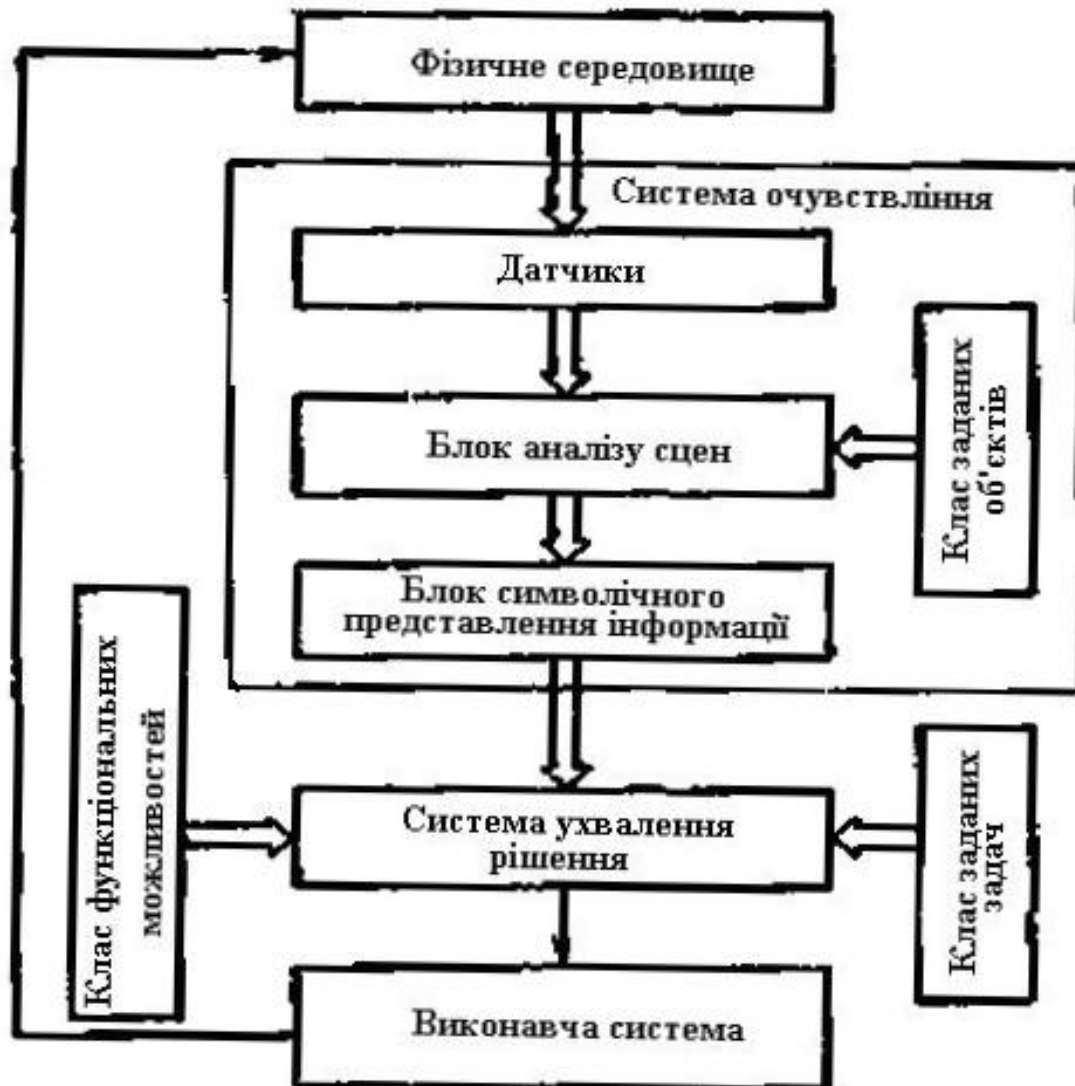


Рис. 1.6 - Структурна схема формування моделі проблемно-орієнтованого середовища.

Модель проблемно-орієнтованого середовища адаптивного робота може бути представлена наступною схемою (рис. 1.6). *Фізичне середовище* перетворюється *рецепторною системою* в деякий багатомірний сигнал. Блок аналізу сцен визначає зміст у вхідному сигналі об'єктів заданого класу. Вихідна інформація цього блоку надходить у блок символічного подання інформації, що здійснює стискання первинної інформації та представляє її у зручному для використання вигляді. У системі приймання рішення з урахуванням функціональних можливостей робота виділяється інформація, необхідна для вирішення того або іншого завдання із заданого класу завдань, які розв'язуються робото-технічним комплексом. Отримана в такий спосіб модель використовується надалі *системою виробітку керуючих впливів* для керування системою, що використовується. Відпрацьовування виконавчою системою відповідних впливів на фізичне середовище приводить до коректування моделі проблемно-орієнтованого середовища.

У загальному випадку при моделюванні зовнішнього середовища можна виділити *три рівні моделей*. Моделі першого рівня пов'язані зі сприйняттям і обробкою сенсорної інформації. Як

правило, після попередньої обробки сприйнятої інформації складається опис фрагмента середовища й визначаються відношення між об'єктами.

Моделі першого рівня є основою побудови моделей другого рівня, які визначають роботу плануючої системи робота. Мови опису моделей першого й другого рівнів можуть не збігатися.

Моделі третього рівня розглядаються у формах спілкування людини-оператора з роботом. Мова спілкування може не збігатися з мовою плануючої системи. У цьому випадку потрібен переклад інформації про середовище й про плани дій, заданих у мові спілкування, на мову плануючої системи.

З погляду застосування моделі проблемно-орієнтованих середовищ можна розділити на *чотири групи*: моделі фіксованих, статичних, динамічних і не повністю визначених середовищ.

Під *фіксованим середовищем* розуміється середовище з певною структурою, у якій може відбуватися лише невелике число заздалегідь відомих змін. Модель такого середовища задається кінцевим набором ситуацій, кожна з яких відповідає одній можливій зміні в середовищі, а кожній ситуації - цілком певна стандартна програма дії робота. Інформація про ситуації може сприйматися самим роботом або бути задана людиною-оператором.

Під *статичним середовищем* розуміється середовище, зміни в якому викликані діями робота або відбуваються миттєво в дискретні моменти часу.

Моделі *динамічних і не повністю певних середовищ* можуть мати різний ступінь динамічності й невизначеності.

Залежно від характеру змін, внесених у модель у результаті змін у середовищі, не викликаних дією робота, моделі статичних середовищ можна розділити на *замкнуті й відкриті*. Якщо зміни в моделі полягають у внесенні деяких нових співвідношень (або видалення старих) без зміни формулювання всієї моделі або її значної частини й без зміни її програмної реалізації, то таку модель називають *відкритою*, а в протилежному випадку - *замкнутою*.

Замкнуті моделі застосовують для опису середовищ, зміни в яких викликані тільки діями роботів. Серед замкнутих можна виділити моделі на основі представлення в просторі станів, або теоретико-графові; редуційні моделі; многоградаційні моделі з відносинами; многоградаційні моделі без відносин.

Моделі на основі подання в просторі станів характеризуються тим, що сама модель (множина станів середовища) задається одночасно з *моделлю дій* (оператори) у вигляді векторів, двовимірних масивів і т.п. Моделі дій переводять один стан в інше. Їх можна представити як функції станів, задані або у вигляді таблиць, або аналітично.

В силу того, що простір станів зручно представляти у вигляді спрямованого графа, моделі, засновані на поданні в просторі станів, іноді називають теоретико-графовими.

За допомогою *редукційних моделей* опис цільового стану середовища (опис завдання) можна

звести (редувати) до опису такого стану (підзавдання), досягаючи яке можна легко досягти цільове. Для опису завдань і підзавдань можуть бути використані списки, вектори, масиви й інші форми. Оператор зведення завдання до підзавдання перетворить опис завдань у множину результуючих або дочірніх описів завдань. Рішення всіх дочірніх завдань забезпечує рішення вихідного завдання. Для даного опису завдання може існувати багато операторів відомості. Таким чином, для того щоб побудувати множину завдань, всі члени якої розв'язні, необхідно перепробувати цілий ряд операторів.

Недоліком редуційної моделі є те, що сама по собі вона не дозволяє вибрати метод оптимальної розбивки завдання на підзавдання. З її допомогою можна вирішити завдання, якщо така розбивка здійснена. Редуційні моделі відносяться до моделей другого рівня і є замкнутими, тому що будь-яка зміна в описі завдання, викликана застосуванням зафіксованих операторів, що відповідають діям робота, буде потребувати вже іншого оператора зведення даного завдання до підзавдань.

Многоградаційні моделі з відносинами - це моделі, у яких середовище представляється скомпонованим з кінцевого числа якісно різнорідних елементів, що перебувають у певних відносинах один з одним. Подання елементів середовища в моделі називаються градаціями моделі. Відносини між елементами середовища можуть бути найрізноманітнішими (місце - дія, причина - наслідок і т. ін.), але при оперуванні з моделями даного класу не використовуються розвинені в математичній логіці методи.

До *многоградаційних моделей* без відносин можна віднести моделі, у яких середовище представляється комбінацією декількох якісно різнорідних ознак об'єктів без явного виділення відносин між об'єктами. Дії робота при цьому є реакцією тільки на певні якісні градації середовища або на об'єкти певного типу. Моделі цього класу можуть бути розділені на моделі, конкретні ситуації в яких відображаються набором даних, що надходять із датчиків безпосередньо на вхід блоку аналізу, і на моделі, у яких сенсорна інформація перед надходженням на вхід блоку аналізу апроксимується деякими функціональними залежностями.

Певний інтерес представляє розгляд *лінгвістичних моделей*, до яких відносяться моделі, побудовані па основі формалізації, які застосовуються для строгого опису тих або інших властивостей природної мови. В якості формалізації найбільше часто використовуються семантичні мережі й формальні граматики.

Структурно в моделі проблемно-орієнтованого середовища адаптивного робота можна виділити дві складові: моделі, які використовуються підсистемами сприйняття інформації про зовнішнє середовище, і моделі, що дозволяють оцінювати функціональні можливості робота при реалізації заданого плану дій.

З моделей першого типу можна виділити моделі, сформовані з використанням непохідних елементів середовища, одержуваних на виході датчиків чуття, і моделі, в яких використовуються непохідні елементи середовища, що задаються людиною-оператором на основі обробки апіорної інформації про середовище.

Для комплексного дослідження адаптивних роботів найбільш перспективним є підхід,

заснований на використанні проблемно-орієнтованих обчислювальних систем як інструмента досліджень. При цьому одним з основних методів дослідження роботів є імітаційне моделювання.

Для адаптивних роботів можна виділити наступний набір імітаційних моделей:

- фізичного середовища, у якій функціонує робот;
- процесу сприйняття середовища за допомогою датчиків з певними технічними параметрами; функціонування маніпулятора в складних середовищах (у тому числі й з завадами);
- поведінки робота в стереотипних ситуаціях; оцінки динамічних характеристик маніпуляторів.
- для рухливих адаптивних роботів можна додатково виділити модель пересування робота до об'єктів маніпулювання, модель, що дозволяє оцінювати керованість робота для певного діапазону швидкостей руху, змінної маси й властивостей траси, а також модель, що дозволяє вирішувати завдання ближньої навігації (зокрема, попередження зіткнень із завадами).

Кожна імітаційна модель являє собою машинний аналог відповідного процесу.

Практика

Теми для самостійної роботи

1. Процес вимірювання. Інформаційна модель [1, 41- 46].
2. Способи компенсації обліку похибок [1, 46 - 50].
3. Елементи інформаційних систем [1, 51 - 62].
 - 1.1. Чутливі елементи датчиків.
 - 1.2. Резистивні чутливі елементи.
 - 1.3. Електромагнітні чутливі елементи.
 - 1.4. Перетворювачі Хола.
 - 1.5. Оптичні чутливі елементи.
 - 1.6. Пьезоелектричні чутливі елементи.

Словник термінів

Інформаційні

Процес, що виникає в результаті встановлення зв'язку між двома об'єктами матеріального світу: джерелом, або генератором, інформації і її приймачем (користувачем).

Модель проблемно-орієнтованого середовища

Являє собою сукупність взаємозалежних відомостей про реальне середовище, у якій функціонує робот, необхідних і достатніх для рішення конкретних завдань із деякого класу, обумовленого призначенням робота.

Планування обробки інформації

Один з найважливіших шляхів підвищення ефективності роботи всієї системи керування адаптивного робота.

Воно включає визначення послідовності етапів перетворення моделі зовнішнього середовища робота, забезпечення мультипроцесорного режиму обробки даних, планування послідовності опитування систем чуття як перед початком виконання роботом технологічних операцій, так і в ході її виконання із вказівкою пріоритету кожної з операцій.

Ріснички

Системи волосяних рецепторів.

Сигнал

Матеріальний носій інформації. Змінювана фізична величина, що відображає повідомлення.

Перелік посилань

Перелік джерел

АМиРС, Системы оцувствления и адаптивные промышленные роботы. /под. ред. Е.П. Попова, В.В Ключева . Издательство «Машиностроение». 1985. -254с.

Основи інформаційних процесів у роботизованому виробництві. В.О. Погрібний, І.В. Рожанківський, Ю.П. Юрченко. / Львів. Видавництво “Світ”. 1995. -292с.

Информационные устройства робототехнических систем. Учеб. пособие. Воротников С.А. /Под ред. С.Л. Зенкевича, А.С. Ющенко . Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. -384 с.