

ПИТАННЯ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ТА ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Рудик Л.В., Стець О.С.

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Abstract

Steklov V., Berkman L., Rudik L., Stetz A. Questions of development of models and objects of management. In article the method of modelling of modern control systems on the basis of managing computers is submitted.

Сучасні системи автоматичного управління працюють за складними критеріями якості, які дозволяють у тієї чи іншій мірі реалізувати в системі управління оптимальний процес. Розвиток якісних систем управління став можливим завдяки бурхливому росту обчислювальної техніки і, зокрема, широкому застосуванню цифрових обчислювальних машин.

Синтез оптимальних систем управління і систем управління, близьких до оптимальних, складає зміст технічної кібернетики – галузі теоретичної кібернетики, що вивчає процеси управління в живих організмах і машинах [3].

Тісний зв'язок між процесами управління в живих організмах і машинах не випадкова. Складність і різноманіття процесів, що протікають в живих організмах при їхній різнобічній діяльності, очевидна. Часто для того, щоб пізнати головне в тому чи іншому процесі живого організму, фізіологам приходится прибігати до технічних аналогій. З іншого боку, доцільність дії живого організму в різних ситуаціях, очевидно, завжди буде служити зразком для інженерів, що проектують системи управління. Кібернетика, як наука про управління взагалі, і є тією ланкою, яка пов'язує процеси управління в живих організмах і машинах.

Доцільність поведінки живого організму і роботи системи управління часто може бути виражена у вигляді деякого якісного критерію. В живих організмах критеріями якості можуть бути, наприклад, мінімум витрачання енергії при бігу, максимальна дальність стрибка, мінімальний час точного досягнення мети, та інше. Часто всі ці та аналогічні критерії у відношенні до живих організмів об'єднуються в один загальний критерій, що характеризує виживання організму при умовах середовища, що змінилися. Примінити до сучасних технічних систем критерій виживання поки що неможливо.

Сьогодні при синтезі систем управління телекомунікаційними мережами використовуються більш прості критерії, які мають на увазі виконання деякої вузької мети.

1. Критерій мінімуму середньої квадратичної помилки на виході системи управління. Цей критерій дозволяє у багатьох випадках проводити синтез управляючої частини системи у вигляді оптимального фільтру [1]. Параметри такого фільтру залежать від характеристик керованої частини, а також від статистичних властивостей завади, яка впливає на керовану частину. Застосовуючи цей критерій, можна проводити синтез керуючої частини різних систем стабілізації. Алгоритм роботи керуючої частини може бути реалізований за допомогою обчислювальних пристроїв неперервної дії.

2. Критерій отримання екстремуму деякої функції. Цей критерій застосовується, якщо необхідно одержати, наприклад, максимальний коефіцієнт корисної дії виробничої установки при всіляких змінах вхідних даних. Алгоритм застосування такого критерію до системи управління часто полягає у використанні методу найшвидшого спуску або методу градієнта по всіх змінюваних параметрах для пошуку нового екстремуму [1]. Застосування екстремального критерію дозволяє синтезувати системи екстремального управління. Алгоритм роботи керуючої частини може бути реалізований за допомогою засобів обчислювальної техніки [5].

3. Критерій отримання мінімуму часу перехідного процесу в системі управління. Це -

своєрідний екстремальний критерій, який дозволяє синтезувати управляючий сигнал на вході управляємої частини системи для переведення координат управляємої частини з деякого початкового стану в деякий заданий за мінімальний час. Математична сторона використання оптимального критерію була розвинена в роботах учасників семінару з проблем автоматичного регулювання, що проходив під керівництвом академіка Л. С. Понтрягіна [1, 2, 3, 4, 5]. Початок технічному вивченню оптимального управління і розробці теорії синтезу систем оптимального управління був покладений роботами професора А. А. Фельдбаума [1, 2]. Відомо також робота лауреата Ленінської премії професора Я. З. Ципкіна з синтезу релейних оптимальних систем [3].

Застосування оптимального критерію до синтезу систем управління передбачає виконання великої кількості обчислювальних операцій. Тому в управляючій частині системи оптимального управління завжди містяться обчислювальні пристрої неперервного або дискретного типу.

4. Цікавим критерієм є вимога пошуку нового стійкого стану при даних, що змінилися. Застосування цього критерію до синтезу систем управління привело У. Р. Ешбі до створення його гомеостату [4, 5]. Застосування простих критеріїв, пов'язаних із загальним критерієм виживання живих організмів, послужило поштовхом до створення систем управління пошукового типу в різних кібернетичних «іграшках». У цих пристроях робота системи управління підпорядковується одній, часто примітивній, меті. Іноді системи управління такого типу можуть перероблювати свою структуру і, запам'ятовуючи характерні ситуації, «самонавчатися».

Побудування сучасних систем управління мережами зв'язку, робота яких підлегла певній меті і характеризується застосуванням до процесу управління одного чи декількох критеріїв, вимагає значного ускладнення керуючої частини. Іноді керуючу частину кібернетичної системи неможливо синтезувати тільки з елементів обчислювальної техніки неперервного типу, тому дуже часто для синтезу кібернетичної системи необхідно мати всі характерні елементи цифрової обчислювальної машини: оперативну і довгострокову пам'ять, арифметичний пристрій, пристрій керування і відповідні перетворювачі. Таким чином, керуюча частина кібернетичної системи являє собою спеціалізовану керуючу цифрову обчислювальну машину.

З огляду на бурхливий розвиток малогабаритних швидкодіючих цифрових обчислювальних машин, можна пророчити, що недалеко той час, коли будь-яка кібернетична система буде мати як керуючий орган мініатюрну цифрову обчислювальну машину - своєрідний електронний мозок.

Розглянемо процеси, що відбуваються в системі управління різноманітною комунікаційною мережею, побудованою на базі TMN. В ряду випадків управління контролюємими об'єктами (КО) алгоритм управління носить жорсткий характер, достатньо простий і задалегідь відомий. При цьому, якщо він заданий у вигляді автоматного описування, то достатньо нескладно запрограмувати роботу управляючої обчислювальної машини (УОМ), заклавши в її пам'ять, наприклад, автоматну таблицю з урахуванням кодування входів і виходів, пов'язаних з контролюємим об'єктом. Кодування внутрішніх станів КО при цьому може бути довільним. При необхідності вся ця жорстка програма може бути реалізована технологічно у вигляді спеціальної прошивки феритової пам'яті. Такі УОМ з жорстко закомутованою програмою знаходять останнім часом широке використання у вигляді медіаторів в TMN.

Якщо ж алгоритм управління не носить жорсткого характеру, якщо в процесі прийняття рішення про видачу сигналів на об'єкт управління вирішуються різноманітні оптимізаційні задачі, якщо на першому етапі експериментальної перевірки системи управління здійснюється накопичення нової інформації про параметри КО, раніше невідомої розробнику, то в системі SMS використання УОМ в повному об'ємі виправдано.

Розглянемо формально задачу управління, коли УОМ при появі на вході ситуації $S(t)$, видавала на виході деяке рішення $V(t)$, технологічно допустиме. При цьому доцільно реалізувати режим, щоб при наявності декількох допустимих рішень, УОМ видавала найкраще рішення з точки зору управління Φ . Якщо при заданому Φ вибір рішень $V(t)$ по вхідним впливам $S(t)$ однозначний і процес цього вибору відомий розробнику, то залишається тільки запрограмувати цей процес і вкласти в пам'ять УОМ. Цей підхід вимагає, щоб в пам'ять УОМ була внесена таблиця, в лівій частині якої перелічені всі ситуації $S(t)$, допустимі технологією функціонування об'єкту, що контролюється, а в правій – ті множини рішень, які технологічно допустимі на даній ситуації і якраз із них потім необхідно обрати найкраще з точки зору критерію управління Φ . Але для будь-якого реального об'єкту управління розміри цієї таблиці будуть астрономічно великі.

Таким чином, підхід, пов'язаний з введенням в пам'ять УОМ вирішуючої таблиці, виявляється неефективним. Тому необхідно шукати інший підхід до вирішення проблеми, що виникла. Ця задача може бути вирішена таким чином. В пам'ять УОМ вводяться дві моделі: модель об'єкту управління і модель прийняття рішення по управлінню. Таким чином, модель об'єкту управління – це і є різномірною телекомунікаційною мережею зв'язку, а модель прийняття рішення – це система управління TMN.

З рис. 1 видно, що модель об'єкту в пам'яті УОМ на етапі обчислення вихідних значень за результатами, отриманими з моделі прийняття рішень, повинна імітувати поведінку об'єкту, передбачаючи значення виходів цього об'єкту, що отримуються в результаті впливу на об'єкт від системи управління. Ці передбачені значення виходів об'єкту, які створюють вектор $\langle \beta_1(t+1), \beta_2(t+1), \dots, \beta_m(t+1) \rangle$, подаються на модель прийняття рішення і одночасно на блок корекції. Блок корекції порівнює прогноз, що отримується від моделі об'єкту, з реальними значеннями виходу об'єкту, які з'являються в результаті деяких управляючих впливів на об'єкт управління. Інформація про неузгодження прогнозу і реальності передається в модель прийняття рішень. Ця інформація створює вектор $\langle w_1, w_2, \dots, w_h \rangle$. При необхідності модель прийняття рішень здійснює коректування моделі об'єкту. Відповідний вектор $\langle v_1, v_2, \dots, v_s \rangle$. Коректуючий блок в цій структурі не потрібен тільки тоді, коли модель об'єкту апіорно повна.

До останнього часу спеціалісти в галузі автоматичного управління намагалися описати об'єкти управління у вигляді тих класичних моделей, які були відомі в теорії управління уже давно. Ці моделі описують функціонування об'єкту або системою алгебраїчних рівнянь, або трансцендентними рівняннями, або звичайними диференціальними (різностними) рівняннями, або, кінець кінцем, комбінацією рівнянь указаних типів. Інші типи аналітичних моделей (інтегральні, інтегрально-диференціальні та всякі інші види рівнянь) зустрічаються в теорії автоматичного управління значно рідко.

В теорії автоматичного управління існує спеціальний розділ, який називається теорією ідентифікації. В теорії ідентифікації розробляються методи побудови моделей об'єктів, засновані на перевірці відповідності комплексу відомостей про функціонування об'єкту і його реакцій на обурюючі впливи, що спеціально створюються, тим чи іншим наперед заданим моделям. Існує дуже численна література, присвячена проблемі ідентифікації.

Ми побіжно звернемося до вирішення задачі ідентифікації при використанні статистичних методів. Це ми робимо для того, щоб проілюструвати характер тих труднощів, які очікують розробника в процесі побудовування моделі об'єктів об'єкту управління.

Статистична модель може бути отримана за допомогою УОМ або ЕОМ до розробки самої системи управління. Найбільш прості статистичні моделі, прийнятні, на жаль, не для будь-якого об'єкту управління, будуються таким чином. В процесі функціонування об'єкту формуються дані з урахуванням часу запізнювання в об'єкті, наведені в табл. 1.

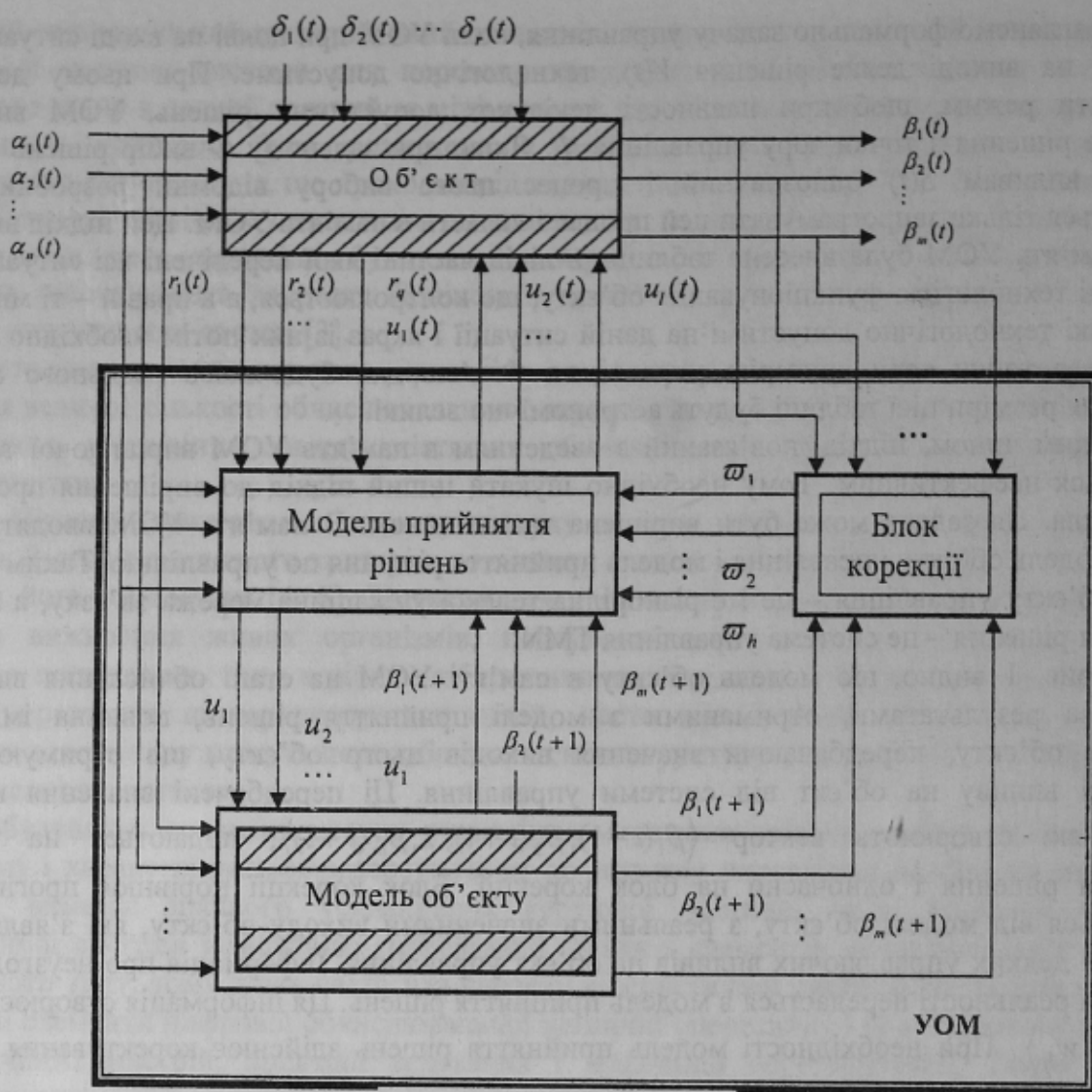


Рис. 1

Таблиця 1

№ п. п.	α_i	δ_i	r_i	β_i	u_i
1	$\alpha_i(1)$	-	$r_i(1)$	$\beta_i(1)$	$u_i(1)$
2	$\alpha_i(2)$	-	$r_i(2)$	$\beta_i(2)$	$u_i(2)$
...

В стовпці δ_i записують іноді опосередковані вимірювання значень δ_i , що не контролюються. У більшості випадків ці стовпці залишаються вільними. При достатньо великому об'ємі таблиці та стаціонарності процесу, що досліджується, можна обчислити середнє значення всіх величин і статистичну дисперсію табличних величин. Позначивши середні значення через α_i, r_i, β_i , а статистичні дисперсії через s_{x_i}, s_{r_i} і s_{β_i} , ми можемо перейти від фізичних величин до безрозмірних статистичних величин $\hat{v}_i = \frac{v_i - \bar{v}_i}{s_{v_i}}$, де v_i - або α_i , або r_i , або β_i . Всі величини \hat{v}_i мають математичне очікування, що дорівнює нулю, і одиничне значення дисперсій, тобто величини \hat{v}_i на відміну від початкових величин

порівнянні між собою. Далі за допомогою дисперсійного чи кореляційного аналізу будується статистичне описування поведінки об'єкту управління. Якщо, наприклад, виявиться, що об'єкт із достатньою точністю може бути описаний лінійними співвідношеннями регресії, то

$$\hat{\beta}_i = \sum_{i=1}^q a_i \hat{\alpha}_i + \sum_{i=1}^q b_i \hat{r}_i.$$

Коефіцієнти a_i і b_i визначаються одним із стандартних методів математичної статистики (наприклад, за допомогою методу найменших квадратів). Знак $\hat{}$ над β_i , α_i і r_i та іншими величинами означає, що беруться стандартизовані значення цих параметрів.

Такий шлях побудови статистичної моделі об'єкту. Які ж труднощі пов'язані з його реалізацією? По-перше, побудова моделі статистичними методами вимагає збирання представницького статистичного матеріалу на реальному функціонуючому об'єкті. Це можливо далеко не завжди. Розробник може отримати завдання на проектування системи управління об'єктом, якого ще просто не існує. В цьому випадку статистичному матеріалу взятися просто нізвідки. На багатьох об'єктах, що будувалися без розрахунку на сучасний рівень автоматизації, як правило, немає необхідних засобів для збирання статистичної інформації, що робить таблиці типу 1 малопредставницькими. Для багатьох систем характерно нестационарне функціонування, що приводить до неможливості побудови однієї статистичної моделі об'єкту і вимагає побудови сукупності таких моделей і формування моделі зміни моделей. Все це різко обмежує використання методів ідентифікації, заснованих на регресійному або дисперсійному аналізі. В сучасній теорії ідентифікації існує багато методів, більш досконалих і могутніх, ніж той, котрий ми тільки що розглянули. Але всім цим методам в тій чи іншій мірі притаманні недоліки. Крім того, у будь-яких методах побудовування моделей за допомогою теорії ідентифікації присутній елемент апіорного угадування характеру цієї моделі. Тільки після вдалого угадування і визначення тим чи іншим способом параметрів моделі можна говорити про вдалу побудову моделі об'єкту управління.

Однак у багатьох випадках пошук аналітичного опису моделі об'єкту справа взагалі безнадійна.

Висновки

1. У даній статті розглянуто місце кібернетики в сучасній теорії управління, проведені аналогії принципів управління між живими організмами і технічними системами.
2. Приведені основні критерії, які застосовуються при синтезі систем управління телекомунікаційними мережами.
3. Проведено аналіз існуючих методів ідентифікації об'єктів, виявлені їхні недоліки.

Література

1. Стеклов В.К. Метод векторного синтеза систем управления разнородными телекоммуникационными сетями / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я. Костик // Радиотехника. 2003. Вып. 133. - С. 174-182.
2. Стеклов В.К. Выбор обобщенного критерия оптимальности систем управления информационными сетями / В.К. Стеклов, Н.М. Стародуб, Л.Н. Беркман // Зв'язок. – 2000. - № 5. – С.48-50.
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Кільчицький Є.В. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку – К.: Техніка, 2004. - 576с.
4. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Телекоммуникационные сети: Учебник для студ. высш. уч. заведений в направлении «Телекоммуникации». - К.: Техніка, 2000. – 191 с.
5. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Проектирование телекоммуникационных сетей: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. за напрямком „Телекомунікації” / За ред. Стеклова В.К. – К.: Техніка, 2002. – 742с.