

РОБАСТНИ МЕТОДИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕНИ КРИТЕРИИ

Антонио Андонов¹, Зоя Хубенова²

¹ВТУ “Т.Каблешков”

²Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: andonov@vtu.bg; zhubenova@space.bas.bg

Ключови думи: ергатична система, управление, робастност.

Анотация: В статията се разглеждат нови подходи за комплексно решение на проблема за управление в ергатични системи, позволяващи математическа ФОРМАЛИЗАЦИЯ и решаване на оптимизационни задачи в условия на неопределени критерии. В редица ситуации когато обемът на възможните измервания, на които се основава управлението, е ограничен, единствената възможност да се повиши качеството на разполагаемата измерителна информация се състои в използването на априорна информация за обекта на управление. Такива ситуации възникват когато липсва свободен достъп до обекта на управление, при високи скорости на измерителните процедури и др. Това означава, че при допълнителна информация за обекта на управление, такава не може да бъде получена чрез провеждане на допълнителни измервания.

В предложената статия са дадени подходи и изследване върху модели, обосновани на теория на катастрофите и теория на фракталите, даващи възможност да бъдат използвани за повишаване на качеството на количествената априорна информация за обекта на управление.

ROBUST METHODS FOR CONTROL UNDER UNDETERMINED CRITERIA

Antonio Andonov¹, Zoya Hubenova²

¹ Todor Kableshkov University of Transport

² Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: andonov@vtu.bg; gecov@space-mail.bas.bg

Abstract: The paper considers new approaches for complex solving the problem of control in ergatic systems allowing mathematical formalization as well as solving optimization problems under conditions of undetermined criteria. In a number of instances of limiting the possible measurements the control process relies on, the only possibility for improving the quality of the available measured information consists in utilizing a priori information regarding the controlled object. Such situations occur in case of lack of free access to the controlled object, in case of rapid performance of the measurement procedures etc. It means that if additional information about the controlled object was available, it could not be obtained through carrying out measurements in addition.

In the proposed article, a research on the approaches and models based on the theory of catastrophes and fractals is performed which may be used to improve the quality of the quantitative a priori information about the controlled object.

Процесите на управление в сложни ергатични системи на базата на използване на съвременни компютърни технологии условно могат да се разглеждат на две нива. На първото ниво се автоматизират методите на работа на човека, а на второто – вместо копиране на работата му, което в повечето случаи не води до оптимални резултати, се извършва оптимизация на приеманите решения, като се използва компютърна техника. Обаче, основни препятствия за внедряването на системи, реализиращи второто ниво на автоматизация, е липсата в повечето практически решавани задачи за проектиране и управление на зададени критерии за оптималност.

Еволюцията на концепциите, лежащи в основата на системите на управление, води до търсенето и използването на по-съвършени статистически модели на входните въздействия, критерии и методи на синтеза.

При изследването на сложни ЕС се различават следните видове неопределеност:

- неопределеност, произтичаща от незнанието на конкретни стойности на случайни величини или функции, за които са известни статистическите и вероятностни свойства с определена степен на подробност като закони на разпределение на вероятностите, кумуланти, корелационни функции и пр., или са зададени ограничения на максимални и минимални стойности;
- неопределеност, свързана с непознаване на вида на определени детерминирани функции, техните числови характеристики и стойности на константите, описващи вътрешно-системните процеси. Това води до апроксимации;
- неопределеност, произтичаща от техническа невъзможност да се отчитат всички фактори, влияещи върху процесите и хода на процеса на управление и независимо от тези фактори и техните ситуационни характеристики са точно известни (недостатъчност на математическия апарат или изчислителния ресурс). Това води до приближени оценки;
- неопределеност, произтичаща от математическата несъразмерност на числените оценки на величините, характеризиращи управлението в ЕС. Последствията могат да бъдат много сложни;
- неопределеност, свързана с неустойчивостта на системите, пораждащи квазистохастизъм;
- неопределеност, свързана с неизвестно целенасочено въздействие или повторение, което е много характерно за сложните ЕС. Води до риск и това е оперативна неопределеност;
- неопределеност, произтичаща от нови, неизвестни на науката явления и ефекти;
- Неопределеност, свързана с недостатъци или неадекватност на понятийния апарат и невъзможност за формализация и отъждествяване на фактите. Последствията са ситуационни.

Кардинален способност за разрешаването на проблема за априорната неопределеност се състои в използването на принципите на адаптацията. Обаче, неразрешените до настоящия момент редица въпроси, относно динамичните свойства на контура за адаптация често поставят непреодолими препятствия по отношение на практическото използване на този способ. Вследствие на това, перспективно е развитието на методи за синтез на системи, които не са адаптивни в широкия смисъл на това понятие, но осигуряват приемливо, а често пъти оптимално по зададен критерий, качество на работа при изменение на статистическите характеристики на входните въздействия в широк диапазон и при възможна нестабилност на параметрите на обекта на управление. Такива системи са известни като робастни (robust), което в буквален превод означава крепки, силни. Трябва да се посочи, че в литературата понятията робастност и функционална устойчивост често се употребяват като синоними.

Общата концепция за синтеза на робастни системи допуска възможността за използване на различни модели и методи, но основните резултати в тази област се опират на принципа на инвариантността за изследване на развиващи се системи. Този подход се характеризира със следните особености: Функцията се явява първична, а структурата вторична. Функцията се определя от нуждите на практиката и се изменя под нейно влияние. Структурата остава неизменна до тогава, докато осигурява реализация на изменящата се функция. Ако дадена структура не обезпечавя новата функция, то тя се заменя с новата структура. Новата структура се обуславя от новата функция. Между новата структура и функцията съществува обратна връзка, способстваща развитието на функцията. Новата функция може да бъде реализирана чрез различни структури. От тях най-ефективна е структурата с минимален брой на компонентите. Функционално-структурния подход характеризира интензивно развиващите се системи. Основен признак на процеса на развитие е наличието на нови технически решения по актуални въпроси. Трябва да се подчертае, че взаимодействието между функция и структура неизбежно изисква разработването на научен метод. В тази връзка в методологично отношение предлагането на метод за синтез на робастни системи при неопределени критерии може да се представи с последователността: принцип (принцип на инвариантността), функция (робастност), цел (разработване на метод за нейната реализация).

В теорията на автоматичното управление проблемът за инвариантността, е проблем за определяне на такива структури и параметри на системата за управление, при което влиянието на определени, произволно променящи се външни смущения и собствени параметри на системата върху динамичните характеристики на процесите на управление, могат да бъдат частично или напълно компенсирани. От съществено значение е, че формирането на системи

за управление на базата на приложението на принципа на инвариантността, се извършва при отсъствие на априорна информация за характера на външните смущения и изменението на параметрите на обекта на управление.

При създаването на робастни системи в условията на широк диапазон на изменение на входните въздействия и нестабилност на параметрите на обекта, основният проблем се свежда до решаването на оптимизационна задача при изменящ се критерий за оптималност. В този най-общ случай синтезът на робастни системи налага задачата за избор на алгоритъм в условия на неопределени критерии. Обикновено подобни задачи са решавани в специализираната литература по следния начин: Избира се произволна целева функция, като се изхожда от съображение за удобство на решението (например средно квадратично отклонение) и се решава съответната математически строго формулирана задача за оптимизация. Основният недостатък на такъв подход се състои в това, че при друг избор на целевата функция, резултатът от решението на оптимизационната задача може да бъде съвършено друг.

В последното десетилетие се разработи специален математически формализъм и методи за решаване на задачи за оптимизация в условия на неопределени критерии. По същество всички тези методи (многокритериални задачи, теория на размитите множества, робастни методи в статистиката, оптимизация в диалогов режим) се свеждат към решаване на задачата за оптимизация с фиксиран критерий, при който се отчита някаква допълнителна априорна информация за обекта на изследване. Подобен аналогичен проблем на разглеждания в статията възниква, например във физиката, където е необходимо от голям брой модели, съгласувани с резултати от експерименти, да се избере даден обобщен модел. Във физиката се използват различни евристични способности за избор на такъв модел: аналогия, принцип на съответствие и симетрия, при които се съхраняват определени свойства на изследвания обект. Поради този факт в статията се предлага следния обобщен подход за решаване на задачата за оптимизация в условията на неопределени критерии: В случай когато критерия не е известен, е необходимо да се определят симетриите в различните модели, съставени по експериментални данни и отделят критериите, инвариантни относно тези симетрии. Пример за такава симетрия е замяната на измервателните единици на отделните величини, т.е. избора на алгоритъма за обработка не трябва да зависи от това, какъв е мащабът на измервателните единици (мащабна инвариантност).

По отношение на често срещаните в практиката мащабно инвариантни процеси, решението на задачата за оптимално управление при условия на априорна неопределеност, е подходяща методологията разгледана в [1], опираща се на съвместното приложение на теория на катастрофите и теория на фракталите за повишаване на качеството на измерител на информация в условия, когато обекта е недостъпен и позволява ограничен брой измервания.

Както е известно от [2], при решаване на проблема на синтеза на робастни системи е тужно да се гарантира зададено допустима стойност на динамичната грешка при управлението. Изборът на предавателна функция на системата, гарантиращ ограничена дисперсия на динамическата грешка в [2], е представен като резултат, разгледан например за преобразуване на входното въздействие през филтър с честотна предавателна функция от вида:

$$(1) \quad H_e(j\omega) = \frac{1}{1 + W(j\omega)} .$$

Намереното там решение за предавателната функция е във вида:

$$(2) \quad |H_e(j\omega)|^2 = c_0 + c_1\omega^2 + \dots + c_N\omega^{2N} \leq C_{2N}(\omega) .$$

Решението на задачата се свежда до това, при зададена предавателна функция да се подберат коефициентите C_i , за които е изпълнено условие (2). На тази база е поставена обратната задача на равенство (2), определяща синтеза на робастна система по следния начин: За някакъв набор от коефициенти $\{C_i\}_0^N$, за които е изпълнено равенството:

$$(3) \quad c_0 D_0 + c_1 D_1 + \dots + c_N D_N = D_{eg}^0,$$

трябва да се отдели клас предавателни функции, за които е изпълнено условие (2). Тук D_{eg}^0 е зададената допустимата стойност на дисперсията на динамичната грешка.

В статия [1] е предложена фракталната $S_x(\omega) = B\omega^\beta$; $S_\xi(\omega) = B\psi'$. Тогава оптималния метод на корекция (т.е. оптимален винеров филтър) ще бъде преобразованието:

$$(4) \quad \tilde{x}(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{1 + D\omega^\delta},$$

където $y(j\omega)$ е преобразование на Фурие от коригираната стойност, а $\tilde{x}(j\omega)$ преобразование на Фурие от оценката. Тази апроксимация притежава свойството мащабна инвариантност.

Предложеният робастен метод в работа (1) в сравнение с посочения в работа (2) позволява преодоляване на априорната неопределеност в модели, които имат локално негладко поведение, прекъсвания и скокообразно изменение на параметрите при преход между различни фази на бързоизменящи се процеси.

Литература:

1. А н д о н о в А., З. Х у б е н о в а, Г. Ч е р н е в а. Фрактални методи за диагностика на технически обекти, функциониращи в условия на висока априорна неопределеност. Трета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS 2007, Варна, 2007.
2. Б е с е к е р с к и й В., А. Н е б ы л о в. Робастные системы автоматического управления, М., "Наука", 1989.
3. Д е й в и д Г. Порядковые статистики. М.Наука, 1989.
4. С е й д ж Э., Дж. М е л с. Теория оценивания и ее применение в связи и управленя. М. Связь. 1979.
5. Т и х о н о в В. И. Нелинейные преобразования случайных процессов. М.Радио и связь,1986.
6. Т h o m R., В. M a n d e l b r o t. Fractal geometry. San. Fr. 2005..