

МЕТОД ЦЕЛЕВОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ

Инютин Сергей Арнольдович,

д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник федерального автономного учреждения «25 Государственный научно-исследовательский институт Министерства обороны России»
Москва, Россия,
inyutin_sa@mail.ru

Аннотация

Введена и обоснована конструкция интегрального показателя качества или эффективности функционирования системы управления сложным объектом, позволяющий решать проблему обратного анализа и оценки достижения частными параметрами множества допустимых значений, что позволяет оценить риски при их изменениях, явно влияющих на общий критерий достижения цели комплексом: объект и система управления. Интегральный показатель эффективности функционирования системы автоматизированного управления техническими объектами или процессами применим для пошагового достижения множества приемлемых решений в управлении комплексом: объект и система управления.

Ключевые слова: сложный объект; система управления; допустимое множество значений параметров; интегральный показатель качества; приемлемое решение; оценка риска изменения показателя.

Для цитирования: *Инютин С.А.* Метод целевого изменения параметров системы управления специальной аппаратурой // *I-methods*. 2018. Т. 10. № 3. С. 36–40.

Применение автоматизированных систем управления в военной, производственной, финансовой и других сферах выдвигает на первый план оценку последствий от реализаций принятых решений, предложенных экспертной системой и выбранных оператором. Вероятностные модели, лежащие в основе функционирования таких систем, и расчетные схемы для вычислительных моделей не могут учесть всех возможных факторов, влияющих на конечный результат. Вероятностными являются прогнозируемые результаты, полученные на основе принятых решений, и оценки их последствий.

Процессы автоматизации выполняются для существующих или планируемых технологических или организационно- управленческих взаимосвязанных процессов, модели которых является основой для создания комплекса: объект и система управления. При проектировании такого комплекса разработчик выделяет множество технических параметров и экономических и показателей для модели всего жизненного цикла процесса функционирования комплекса, существенно влияющих на конечный результат достижения цели. Не все технические параметры без потери содержательных моментов могут быть сведены к экономическим. Для частных параметров часто можно дать достаточно достоверную оценку их влияния на общий результат работы комплекса и изменять отдельные частные параметры технологически проще, чем их обобщение - интегральный показатель качества, являющийся критерием достижения необходимого результата. Кроме того, дать вероятностные оценки для отдельных параметров проще, чем оценку показателя деятельности всей системы, но оператору легче принимать правильные решения по некоторому интегральному показателю качества

функционирования управляемого комплекса. Для формализации процесса принятия решений в автоматизированных системах обработки управления созданы инкрементальные модель Г. Минцберга и модель Д. Карнеги [1]. Эти модели опираются на понятия «приемлемого решения», которое может быть применено, а также пошагового движения к конечной цели, описываемой интегральным показателем качества при условии выбора допустимых значений частных показателей из ограниченных множеств возможных. Решение может быть не оптимальным, так как поиск оптимального решения требует дополнительных временных и ресурсных затрат, что часто невозможно в режимах «on-line». Вероятностной оценкой качества функционирования управляемого комплекса является вероятность попадания интегрального показателя качества в некоторую заданную область в пространстве возможных значений интегрального показателя качества системы, при этом значения отдельных частных параметров должны оставаться в допустимых пределах. Принадлежность такой интегральной оценки к заданной области можно считать приемлемой для достижения целей функционирования комплекса: объект в сочетании с системой управления. Необходимо учитывать, что общая цель функционирования сложной системы с управляющим комплексом, как правило, относится к классу нечетких. По причине нечеткости общего вероятностного критерия цели должны вычисляться интервальные оценки для интегрального показателя качества и отдельных частных параметров. Признано [1], что методы оценки качества функционирования системы должны иметь следующие свойства:

— обладать универсальностью, т.е. должны агрегироваться или сводиться в единый интегральный показатель, отражающий множество факторов риска;

— позволять контролировать частные показатели, т.е. должна решаться обратная задача, в частности по изменению интегрального показателя качества или конечной цели должны рассчитываться изменения по отдельным частным параметрам для всей совокупности показателей и проверяться их принадлежность к допустимым подмножествам.

Введем следующую модель комплекса: объект—система управления. Комплекс характеризуется конечным множеством измеряемых параметров, среди которых часть —наблюдаемые, а другие параметры управляемые:

$$(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_k),$$

где индексы $(1, \dots, i, \dots, k)$ задают номера параметров.

Параметры в общем случае не являются независимыми, между ними имеются корреляционные связи, т.е. для параметров не равны нулю парные коэффициенты корреляции.

Пусть использованием экспертных оценок или методами численным моделирования для выделенных параметров можно установить подмножества допустимых значений:

$$\forall i = 1 \div k \quad \beta_i \in [\beta'_i, \dots, \beta''_i] \subseteq D_i = [0, \dots, g_i],$$

где $\forall i = 1 \div k \quad (g_i, g_j) = 1, \quad g_i = \max \beta_i + 1$.

Преобразованиями значения частных параметров $\{\beta_i\}$ могут быть приведены к подмножеству целых положительных чисел.

Введем относительные значения частных параметра $\frac{\beta_i}{g_i}$, что позволяет учесть целые

и рациональные значения частных показателей. Допустимыми значениями частных параметров являются некоторые конечные подмножества, заданные границами в случае введения линейного порядка для значений частных показателей:

$$\frac{\beta'_i}{g_i} \leq \frac{\beta_i}{g_i} \leq \frac{\beta''_i}{g_i}.$$

Рисками для отдельных частных показателей является не принадлежность их значений заданному допустимому подмножеству или диапазону: $\exists i = 1 \div k \quad \beta_i \notin [\beta'_i, \dots, \beta''_i] \subseteq D_i$.

Рисками для отдельных частных показателей является не принадлежность их значений заданному допустимому подмножеству или диапазону: $\exists i = 1 \div k \quad \beta_i \notin [\beta'_i, \dots, \beta''_i] \subseteq D_i$.

Для достижения линейной сложности вычислений интегральный показатель качества функционирования системы целесообразно сформировать в виде взвешенной с коэффициентами t_i усредненной суммы относительных частных показателей:

$$R_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} . \tag{1}$$

Вычисление такого интегрального показателя качества имеет линейную сложность $O(k)$, а при параллельной аппаратной реализации умножения на весовые коэффициенты и пирамидальном суммировании имеет наименьшую вычислительную сложность $O(\log_2 k)$ [4].

Недостатком соотношения (1) является то, что ситуационные или направленные управляющие изменения интегрального показателя качества не позволяют однозначно вычислить возникающие изменения частных параметров, которые должны лежать в допустимых пределах.

Для получения такой возможности модифицируем интегральный показатель качества, сохранив его значение в формате рациональной дроби:

$$\bar{R}_k = \frac{G}{k} \left(\sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} - \frac{1}{k} \left[\sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} \right] \right) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i G}{g_i} - \frac{G}{k} H , \tag{2}$$

где $H = \left[\sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} \right]$ — целое число, $G = \prod_{i=1}^k g_i$ — знаменатель интегрального показателя

качества, g_i - знаменатели частных параметров, $\forall i, j = 1 \div k \quad (g_i, g_j) = 1$.

Функция от k - переменных $H(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_k)$ обладает следующими свойствами:

$$H(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_k) \in [0, \dots, \sum_{i=1}^k t_i), \quad \frac{1}{k} H \in [0, \dots, \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{k}) = [0, \dots, t_s), \quad \text{где } t_s = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{k} \text{ — среднее значение}$$

весовых коэффициентов. Эту функцию можно использовать в качестве интегрального показателя качества как характеристики функционирования комплекса. Приемлемыми значениями интегрального показателя качества является принадлежность вычисляемого значения этой функции к фиксированному подмножеству из области его значений:

$$H(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_n) \in [H', \dots, H''] \subseteq [0, \dots, \sum_{i=1}^k t_i - 1] .$$

Допустимые изменения значений частных параметров, отражаются на изменении интегрального показателя качества. Приемлемое значение интегрального показателя качества достигаются и в случае, когда значения отдельных частных параметров не принадлежат допустимым подмножествам, возникает компенсация недопустимых значений отдельных частных показателей за счет других, что иногда применяется на практике.

Правильную рациональную дробь $\frac{k\bar{R}_k}{G}$, полученную из выражения (2), можно считать вероятностью принадлежности интегрального показателя качества – функции $H(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_k)$ к приемлемому подмножеству значений, соответствующих заданным условиям функционирования комплекса: объект и система управления. Это позволяет сформировать меру риска функционирования комплекса.

Введенные математические конструкции позволяют решить обратную задачу вычисления значений частных параметров по измененному значению комплексного показателя качества [5]. Для предлагаемой математической конструкции выполняется соотношение, связывающее

$$\beta_i = \left| \left| k\bar{R}_k \right|_{g_i} \left| \frac{t_i G}{g_i} \right|_{g_i}^{-1} \right|, \quad (3)$$

где $\left| k\bar{R}_k \right|_{g_i}$ — вычет по модулю g_i , $\left| \frac{t_i G}{g_i} \right|_{g_i}^{-1}$ — обратная величина по модулю g_i .

Покажем это. Действительно, из соотношения $\frac{k\bar{R}_k}{G} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} - \left[\sum_{i=1}^k \frac{t_i \beta_i}{g_i} \right]$ следует выполнение соотношения: $k\bar{R}_k = \sum_{i=1}^k \beta_i \frac{t_i G}{g_i} - H_A G$, что при условиях $G = \prod_{i=1}^k g_i$, $\forall i, j = 1 \div k (g_i, g_j) = 1$ доказывает утверждение (3).

Технология использования интегрального показателя качества содержит этапы:

- анализом или экспертными оценками для k - частных параметров, определяются допустимые подмножества;
- экспертными оценками или имитационным моделированием для интегрального показателя $H(\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_k)$, зависящего от k - частных параметров, определяется приемлемое подмножество;
- эксплуатация комплекса в реальных условиях, при этом значения некоторых частных параметров могут не принадлежать допустимым подмножеством;
- коррекцию значений частных параметров для занесения их в допустимые подмножества или варьирование внутри допустимых подмножеств после вычисления интегрального показателя, не принадлежащего приемлемому подмножеству;
- вычисление интегрального показателя качества при новых значениях частных параметров, проверка на принадлежность приемлемому подмножеству;
- повторение двух последних этапов до попадания интегрального показателя качества в приемлемое подмножество при нахождении частных параметров в допустимых подмножествах.

Рассмотренный метод разрабатывался для оперативного управления комплексом переработки нефтесодержащих отходов от зачистки топливных резервуаров [6].

Для оценки риска наблюдаемого функционирования управляющего комплекса целесообразно связать понятие ущерба от наступления неблагоприятного события и его вероятности [4]. В случаях, когда ущерб меняется в малой степени, можно использовать формулу, связывающую ущерб (в финансовых единицах) и вероятность наступления неблагоприятного события: $V = pU(p)$, где $U(p)$ — затраты на ликвидацию последствий неблагоприятного события; p — вероятность наступления неблагоприятного события. В общем случае это соотношение зависит от времени, $V(t) = U(p(t))p(t)$. Для условно стационарных систем с малой волатильностью можно считать $U(p(t)) = C - const$. Для анализа варианта сохранения риска на постоянном приемлемом уровне возникает соотношение, связывающее ущерб и вероятность $p(t)$ наступления неблагоприятного события: $V = Up(t) \approx const$. Соотношение позволяет оценить затраты при наступлении неблагоприятного события: $U(t) = \frac{V}{p(t)}$, где $p(t) = \frac{k\bar{R}_k}{G}$, а V — приемлемый (нормативный) уровень риска, оцениваемый в финансовых единицах.

Литература

1. Соколов В.А. Проектное управление: теория и практика. М.: Аякс-Пресс, 2016. 355с.
2. Балдин К.В. Моделирование жизненного цикла сложных систем. М.: РДЛ, 2000. 319с.
3. Нагибин С.Я., Сенаторов М.Ю. Проектирование математического и программного обеспечения АСУ. М.: Аякс-Пресс, 2015.99с.
4. Инютин С.А. Модулярный контроль процесса обработки технологической информации в нефтегазовой отрасли //Труды вольного экономического общества России. 2012. Т. 166. С. 481-490.
5. Инютин С.А. Основы модулярной алгоритмики. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. 210с.
6. Патент РФ № 2391152. Комплекс переработки нефтесодержащих отходов от зачистки топливных резервуаров / Кувичка И.А. Заявл. 16.07.2013. Оpubл. 10.09.15. Бюл. № 26. 10с.

METHOD OF THE TARGET CHANGES TO SYSTEM SETTINGS CONTROL SPECIAL EQUIPMENT

Sergey A. Inyutin,
Moscow, Russia,
inyutin_sa@mail.ru

Abstract

Introduced and justified the construction of integral indicator quality control system functioning or effectiveness of complex object that enables you to solve the problem of reverse analysis and evaluation of the achievement of private options many valid values, allowing you to assess the risks in their changes, obviously influencing the general criterion to achieve the goal of a complex object and control system. The integrated indicator of efficiency of functioning of the system of automated control of technical objects or processes applicable to achieve many acceptable solutions in the control of complex object and control system.

Keywords: Complex object; control system; allowed set; parameter values; integral quality; score changes in risk assessment.

Reference

1. Sokolov V.A. *Proyektnoye upravleniye: teoriya i praktika* [Project management: theory and practice]. Moscow: Ayaks-Press, 2016. 355p. (In Russian)
2. Baldin K.V. *Modelirovaniye zhiznennogo tsikla slozhnykh system* [Modeling the life cycle of complex systems]. Moscow: RDL, 2000. 319p. (In Russian)
3. Nagibin S.Ya., Senatorov M.Yu. *Proyektirovaniye matematicheskogo i programmnoy obespecheniya ASU* [Designing of mathematical and software of the automated control system]. Moscow: Ayaks-Press, 2015. 99p. (In Russian)
4. Inyutin S.A. *Modulyarnyy kontrol protsessy obrabotki tekhnologicheskoy informatsii v neftegazovoy otrasli* [Modular control over the process of processing technological information in the oil and gas industry]. Trudy volnogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2012. Vol. 166. Pp.481-490. (In Russian)
5. Inyutin S.A. *Osnovy modulyarnoy algoritmiki* [Fundamentals of modular algorithms]. Khanty-Mansiysk: Poligrafist, 2008. 210p. (In Russian)
6. Patent RF № 2391152. *Kompleks pererabotki neftesoderzhashchikh otkhodov ot zachistki toplivnykh rezervuarov* [The complex of processing of oil-containing waste from stripping of fuel tanks]. Kuvichka I.A. Declared 16.07.2012. Published 10.09.15. Bulletin No. 26. 10p. (In Russian)

Information about the author:

Sergey A. Inyutin, Leading researcher, doctor of technical sciences (PhD), full professor of the Federal Autonomous institution “25 State scientific research institute of haematology of the Ministry of Defense of Russia

For citation: Inyutin S.A. Method of the target changes to system settings control special equipment. *I-methods*. 2018. Vol. 10. No. 3. Pp. 36–40. (In Russian)