

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

А. И. Годунов, А. В. Лобачев

Введение

Одним из перспективных направлений выбора управленческих решений при функционировании АСУ в условиях неопределенности подготовки и ведения оперативных действий является обеспечение их гибкости в зависимости от условий изменения внешних и внутренних свойств, исходя из максимальной эффективности применения систем. Такие «гибкие» решения, реализуемые в самой системе и ее компонентах, являются адаптивными алгоритмами управления.

Анализ применимости алгоритмов управления

Выбор рациональных решений по автоматизированной системе управления с адаптивными компонентами предусматривает анализ неопределенных условий применения и, в первую очередь, условий первой группы, определение возможных путей их компенсации, сравнение эффективности рассматриваемых путей и выбор рациональных с последующей их реализацией.

Для системы обслуживания объектов, которой является перспективная АСУ, в общем случае в качестве неопределенных условий первой группы могут быть:

- число объектов и их типы;
- расположение их относительно друг друга и относительно системы обслуживания;
- параметры движения подвижных объектов;
- восприимчивости объектов к обслуживанию;
- индикационные признаки объектов;
- характеристики средств активной реакции (САР) и др.

Кроме того, в ходе функционирования автоматизированной системы управления неопределенными являются число функционирующих компонентов системы каждого типа на каждом этапе, число и тип функционирующих объектов обслуживания, результаты обслуживания и т.д.

Эта группа параметров характеризует неопределенность исходов, которые могут быть реализованы в ходе функционирования с некоторой вероятностью. В то же время на каждом из этапов функционирования указанные параметры будут принимать вполне конкретные значения.

Оценка эффективности адаптивных возможностей АСУ предусматривает анализ диапазона неопределенности указанных факторов и возможности получения информации о них на этапе функционирования системы. Для получения информации могут использоваться как внешние, так и специальные средства компонентов системы. Внешние средства могут дать априорную информацию о типе объектов, числе и классах составных компонентов объекта, координатах, параметрах движения и режиме функционирования. Эта информация может использоваться также в качестве косвенных данных для уточнения других неопределенных факторов.

С помощью специальных средств (сенсоров) могут уточняться координаты объектов, их класс, параметры движения, а также определяться конкретные исходы в процессе обслуживания (число и взаимное положение средств, результаты обслуживания и др.). Эта информация определяет выбор рационального варианта использования системы на всех этапах функционирования.

Схема функционирования адаптивной АСУ приведена на рис. 1.

В зависимости от информации (внешней $J_{вн}$, поступающей, например, от обеспечивающего звена системы; или автономной J_a , получаемой с помощью собственных средств) выбирается тот или иной вариант действий, реализующий наиболее рациональную совокупность параметров $\{\alpha\}$. Адаптивные возможности систем реализуются исходя из принципа максимальной свободы выбо-

ра рациональных вариантов действий на каждом этапе функционирования с учетом информации об условиях и предыстории процесса.

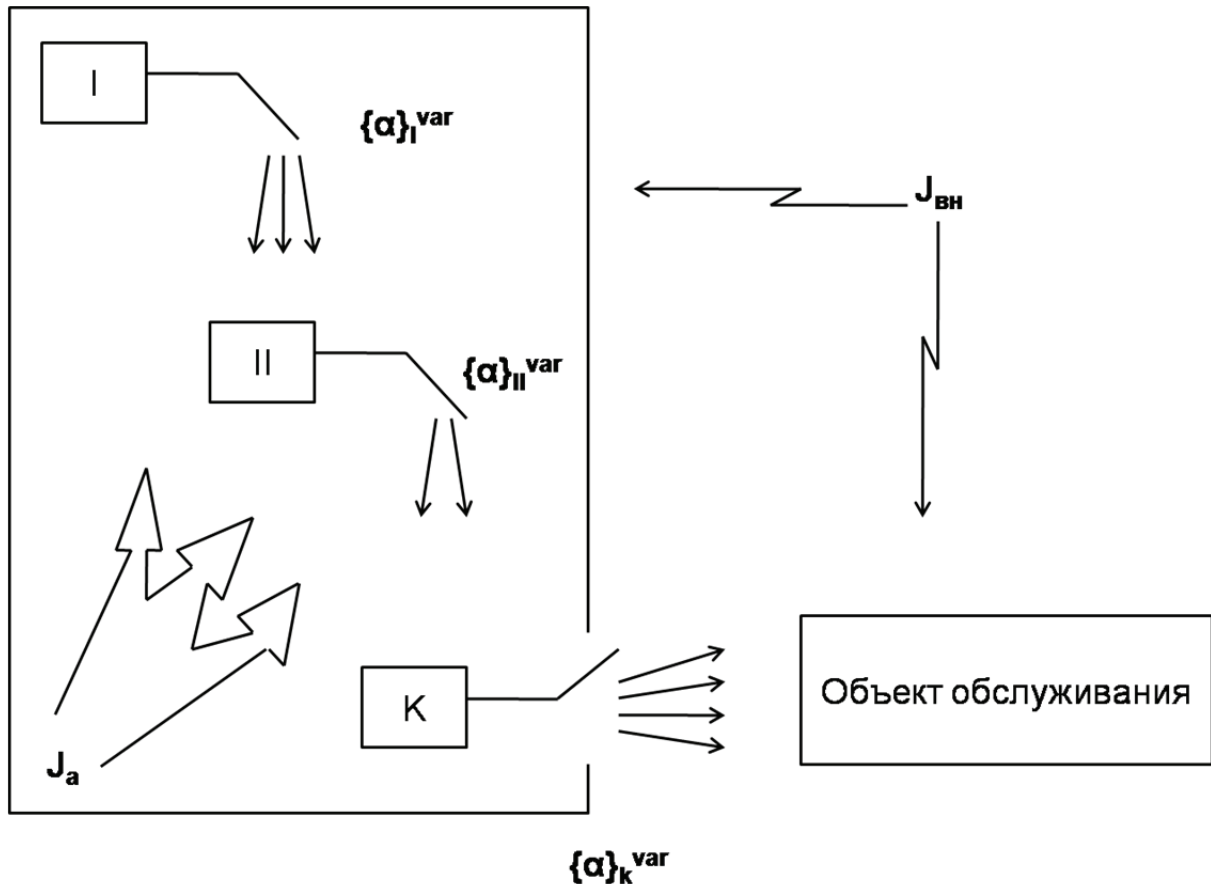


Рис. 1. Схема функционирования адаптивной АСУ

Возможные пути компенсации неопределенности зависят от используемой информации, от типа изменяемых параметров и т.д. [1, 2].

Компенсация неопределенности связана, как правило, с изменением параметров в ходе функционирования системы за счет перераспределения располагаемых ресурсов или за счет других возможностей, предусмотренных в конструкции компонентов систем.

Компенсация неопределенности может быть автономной, если она выполняется от собственных средств, командной, если она выполняется по командам от других средств системы, или комбинированной, выполняемой по совокупности информационных данных. Последний случай является более предпочтительным, так как позволяет учесть ряд непредвиденных обстоятельств, не введенных в алгоритмы автономной компенсации.

Общим случаем параметрической компенсации является обеспечение «гибкости» системы, уточнение информации в ходе функционирования, решение задачи оценки эффективности системы, с последующим выбором наиболее выгодных вариантов применения.

В качестве возможных направлений компенсации неопределенности можно назвать разработку и создание набора вариантов систем, реализацию «гибких» решений (адаптивных возможностей), оптимальные стратегии использования систем. Создание набора вариантов систем, каждый из которых является рациональным в определенных условиях, связано со значительными затратами ресурсов и сроками создания. Вместе с тем набор вариантов комплектования систем разнотипными компонентами может использоваться как один из путей конструкторской компенсации неопределенности при реализации адаптивно-модульных схем (АМС). Оптимальные стратегии использования связаны с реализацией «гибких» алгоритмов, которые также могут быть обеспечены в первую очередь соответствующими техническими решениями [3, 4].

Наиболее важным направлением компенсации неопределенности является реализация «гибких» решений. К этому направлению можно отнести следующие основные пути обеспечения адаптации:

- разработку АМС;
- регулирование параметров компонентов систем;
- перераспределение расходуемых ресурсов;
- перераспределение функций между компонентами системы;
- использование многорежимных составных компонентов;
- реализацию изменяемых конструктивных схем;
- учет конкретных реализаций случайных факторов на этапах функционирования системы;
- использование располагаемых предельных возможностей.

АМС предусматривают параллельную разработку отдельных элементов в нескольких вариантах (модулях), каждый из которых является наиболее рациональным для определенных условий применения. Это позволяет менять один из вариантов на другой в зависимости от конкретных условий, уточняющихся при функционировании АСУ.

АМС обеспечивают рациональные параметры системе для различных условий, но в некоторых случаях могут оказаться неоправданно дорогими. Поэтому такие решения используются для элементов и параметров системы, вариация которыми с помощью других решений сложно реализуема. В качестве примера АМС могут рассматриваться [5, 6]:

- приборы разведки различного типа с различными характеристиками и возможностью комплектования типовых средств разведки различным соотношением модулей;
- взаимозаменяемые варианты целевого оборудования или его компонентов, решающие различные задачи обслуживания объектов;
- сменные или комплексируемые каналы системы управления, другие вспомогательные средства, обеспечивающие функционирование АСУ.

Такой набор взаимозаменяемых модулей позволяет наиболее целесообразно формировать состав компонентов и системы в целом, рационально распределять между ними выполняемые функции и обеспечивать системе новый системный эффект в зависимости от конкретных условий.

Характеристикой исходного состояния многомодульных систем с разнотипными компонентами является вектор $\{\chi\} = \{\chi_1, \dots, \chi_i, \dots, \chi_k\}$, где χ_i – доля ресурса (габаритного или массового) R_Σ , выделенного для размещения i -го модуля. Тогда число компонентов i -го типа может быть определено зависимостью [7]:

$$N_i = \chi_i k_i R_\Sigma + \Delta N_i; \quad N_i \in [\Delta N_i; k_i R_\Sigma]; \quad \sum_{i=1}^k \chi_i \leq 1, \quad (1)$$

где k_i – число компонентов i -го типа, приходящееся на единицу ресурса R_Σ ; ΔN_i – дополнительное число компонентов i -го типа, которое может быть размещено в системе без затрат ресурса R_Σ (например, когда другие типы компонентов не размещаются исходя из геометрических ограничений).

Основным параметром, отражающим адаптацию такого вида, является периодически изменяемый вектор $\{\chi\}$, составляющие которого могут принимать дискретные значения в диапазоне $[0; 1]$.

Регулирование параметров предусматривает возможность изменения наиболее важных характеристик компонентов системы в некотором, заранее расширенном диапазоне и обеспечивает тем самым универсальность системы для диапазона условий применения.

Такие системы являются более гибкими, однако регулируемые параметры выбираются для предельных условий и при их использовании в более благоприятных условиях потенциальные возможности систем не всегда реализуются полностью. Регулирование может быть предусмотрено, например, для таких параметров, зависимость показателя эффективности от которых изменяется скачком, т.е. система либо решает задачу некоторым расходом средств с определенным уровнем эффективности, либо не решает совсем (например, досягаемость или область применения системы).

Оценка эффективности систем, предусматривающих регулирование параметров $\{\alpha\}_{\text{пер}}$, может проводиться из условия [8]:

$$W\left[\{\alpha\}, \{\alpha\}_{\text{пер}}(\{\beta\}), \{\beta\}\right] \rightarrow \frac{\text{extr}}{\{\alpha\}_{\text{пер}}}; \quad \alpha_{i\text{пер}} \in \left[\alpha_{i\text{пер}}^{\min}; \alpha_{i\text{пер}}^{\max}\right], \quad (2)$$

где $\{\alpha\}$ – фиксированные параметры рассматриваемого варианта системы; $\{\beta\}$ – вариант условий применения системы.

Показатель W в этом случае определяется для областей неопределенности $\{\beta\}$.

Компоненты АСУ располагают определенной мерой ресурсов, которые обеспечивают реализацию различных параметров, определяющих эффективность системы. Изменение параметров для компенсации неопределенности может быть связано с взаимным перераспределением расходуемых ресурсов для реализации того или иного параметра. Такие параметры обычно являются взаимозависимыми, и изменение одного из них связано с изменением другого.

При функционировании АСУ перераспределение располагаемых ресурсов связано с выбором соответствующих параметров компонентов системы в пределах заданных ограничений. На этапе реализации адаптивных возможностей необходимо предусмотреть такие решения, которые позволят в будущем рационально использовать ресурсы системы в зависимости от конкретных условий.

Перераспределение расходуемых ресурсов позволяет [9]:

- наиболее рационально использовать располагаемые ресурсы в различных условиях;
- исключить ошибки при создании систем с длительным периодом функционирования;
- снизить потребные затраты на модернизацию и усовершенствование систем;
- обеспечить универсальность средств.

Выбор рациональных решений по компонентам системы, предусматривающим перераспределение расходуемых ресурсов, основан на определении перечня управляемых параметров и ресурсов, обеспечивающих изменение этих параметров, а также на оценке диапазона изменения параметров и запаса ресурса для компенсации заданной области неопределенности.

Решение задачи управления

Первая задача решается на основе оценки предпочтительности параметров и ресурсов, выбираемых в качестве перераспределяемых для вариации параметров в зависимости от условий. Для этого определяют параметры $\alpha_i, i = 1 \dots n$, изменение которых возможно за счет перераспределения j -го ресурса G_j , и определяют взаимосвязь параметров и ресурсов:

$$\alpha_i = \alpha_i(g_{ji}, \dots); \quad \sum_{i=1}^n g_{ji} \leq G_j, \quad (3)$$

где g_{ji} – количественная мера ресурса G_j , расходуемая на реализацию соответствующего параметра α_i .

Диапазон неопределенности условий предполагается заданным: $\{\beta\} \in [\{\beta\}_n, \{\beta\}_n]$.

Для оценки эффективности данного способа адаптации определяется удельный прирост эффективности за счет взаимного перераспределения единицы расходуемого ресурса между каждой парой параметров $i, i + 1$ (вариант условий $\{\beta\}$ фиксируется):

$$\Delta W_{i,i+1}^{\text{уд}} = \frac{W_a(i, i + 1, \{\beta\}) - W_m(\{\beta\})}{\Delta g_{ji}}, \quad (4)$$

где W_a, W_m – эффективность адаптивной и монопараметрической систем соответственно.

Полученные значения представляются в виде матриц $\|\Delta W_{i,s}^{\text{уд}}\|$ для различных ресурсов G_j и условий $\{\beta\}_v$. Эти матрицы являются основой анализа предпочтительности параметров и ресурсов для перераспределения.

Диапазон изменения параметров и запас расходуемого ресурса может определяться на основе анализа оптимального распределения ресурсов в каждой точке области неопределенности. Диапазон изменения параметров оценивается сопоставлением минимального и максимального их значения в области неопределенности

$$[\infty_i] \in \left[\min_{\{\beta\}} \alpha_i^{opt}(\{\beta\}); \max_{\{\beta\}} \alpha_i^{opt}(\{\beta\}) \right]. \quad (5)$$

Оценка требуемого запаса ресурса, выделяемого для компенсации неопределенности, проводится на основе анализа зависимости показателя эффективности от располагаемого ресурса в диапазоне неопределенности с учетом возможностей конструктивных схем по изменению запаса ресурса.

Изложенный подход к анализу перераспределения расходуемых ресурсов можно распространить также и на другие типы ресурсов при соответствующем обеспечении вариации параметров.

Следует отметить, что АМС позволяют наиболее рационально распределить функции между разнотипными модулями исходя из наивысшей эффективности всей системы. Поэтому к этому направлению компенсации примыкает перераспределение функций между компонентами. При групповом использовании разнотипных средств перераспределение функций может состоять в том, что часть средств может предназначаться для наиболее эффективного выполнения одних фаз действий (например, получение информации и распределение с передачей данных на другие средства), а другая часть ориентирована на преимущественное выполнение других фаз (например, завершающих). При этом требуется «гибкое» построение группы средств с возможностью перестроения в ходе операции и дифференцированное оснащение их оборудованием в соответствии с выделенными фазами. Перераспределение функций между агрегатами предусматривает использование многофункциональных и многорежимных компонентов (агрегатов). Выбор того или иного режима функционирования либо их комплексирование осуществляется в зависимости от конкретных условий и этапов функционирования.

В качестве других возможных путей адаптации можно рассматривать изменение конструкции средств, использование многоканальных средств получения информации, реализацию предельных возможностей, учет конкретных исходов, комплексное использование различных путей.

В модели функционирования адаптивной АСУ должны быть отражены следующие особенности:

– оснащение средств адаптивно-модульными компонентами должно характеризоваться возможными вариантами соотношений числа разнотипных элементов n_i с отражением предельных значений числа элементов каждого типа:

$$n_1, n_2, \dots, n_i, \dots; \quad n_i \in [n_i^{\min}, n_i^{\max}], \quad (6)$$

а также их основными характеристиками, определяющими эффективность;

– возможность регулирования параметров целесообразно задать диапазоном $[\alpha_i^{\min}, \alpha_i^{\max}]$ дискретностью регулирования $\Delta\alpha_i$;

– возможность перераспределения расходуемых ресурсов R для изменения различных параметров $\alpha_1, \alpha_i, \dots, \alpha_n$ в ходе функционирования может быть задана схемой перераспределения в виде графа и ограничением на располагаемый ресурс $G(\alpha_1, \alpha_i, \dots, \alpha_n) \leq G_0$;

– перераспределение и комплексирование функций различными компонентами может характеризоваться соответствующими показателями выполнения функций P_Φ и возможностью их использования другими компонентами в интересах системы в целом $P_\Pi(P_\Phi)$;

– «гибкое» групповое построение и перестроение разнотипных средств требует задания пространственно-временной $X(t)$ и комбинаторной K составляющих модели группы средств.

Реализация адаптивных алгоритмов применения АСУ может быть задана логическими схемами, построенными в виде графов возможных исходов и соответствующих им характеристик адаптивных компонентов (рис. 2).

При описании условий первой группы их характеристики целесообразно задавать в виде исходных данных возможными вариантами в диапазоне неопределенности $[\{\beta\}_n, \{\beta\}_k]$ либо задавать в процессе моделирования функционирования АСУ. При этом параметры могут задаваться вначале более укрупненно (например, область возможного положения объектов), затем с учетом возможности получения информации – все более детально (например, координаты каждого объекта, восприимчивость к обслуживанию и в пределе логическая схема функционирования).

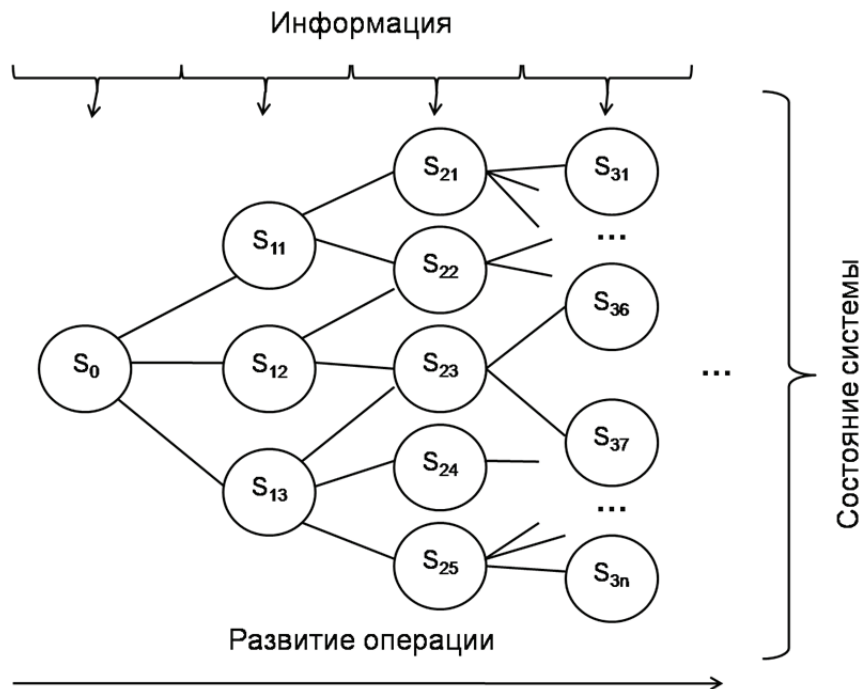


Рис. 2. Схема реализации адаптивных алгоритмов

Аналогичное поэтапное описание может характеризовать и средства активной реакции объекта (вначале факт наличия, затем характеристики досягаемости, производительности и т.д.).

Заключение

Совокупность действий, выполняемых в ходе операции, может моделироваться на основе метода типовых фаз. Для адаптивных компонентов принципиальное значение имеет фаза получения информации, так как от ее результата зависит вся последующая совокупность действий. Основной особенностью моделирования действий является описание их результата не только вероятностью выполнения или математическим описанием достигнутого успеха, но и всевозможными исходами, так как конкретный исход может повлиять на дальнейшее поведение адаптивных компонентов. Совокупность исходов, которые могут иметь место в ходе операции, удобно представлять графом возможных исходов.

Список литературы

1. Буряков, В. А. Принятие решений в автоматизированных системах управления / В. А. Буряков, А. И. Годунов, А. Ю. Бочановский ; под ред. А. И. Годунова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2007. – 448 с.
2. Кабалдин, Ю. Г. Применение нейросетевых моделей процесса резания в системах адаптивного управления / Ю. Г. Кабалдин, С. В. Биленко, А. М. Шпилев // СТИН. – 2002. – № 3. – С. 3–7.
3. Жданов, А. А. Об одном имитационном подходе к адаптивному управлению / А. А. Жданов // Вопросы кибернетики. – М., 1996. – С. 171–206.
4. Жданов, А. А. Об одном подходе к адаптивному управлению / А. А. Жданов // Анализ и оптимизация кибернетических систем : сб. науч. тр. – М. : ГосИФТП, 1996. – С. 42–64.
5. Жданов, А. А. Формальная модель нейрона и нейросети в методологии автономного адаптивного управления / А. А. Жданов // Вопросы кибернетики. – Вып. 3. – 1997. – С. 258–274.

6. Разгуляев, Л. В. Перспективные мобильные адаптивные сети передачи информации для СВ США / Л. В. Разгуляев // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 1. – С. 35–39.
7. Симанков, В. С. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов : моногр. / В. С. Симанков, Е. В. Луценко. – Краснодар : Изд-во Кубан. гос. технол. ун-та, 1999. – 318 с.
8. Юрков, Н. К. Автоматизированные и информационные технологии и аппаратура : учеб. пособие / Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. – 172 с.
9. Повышение надежности в автоматизированных системах управления / А. М. Гусев, А. А. Рыжов, И. В. Романчев, Г. В. Таньков, В. А. Трусов, Н. К. Юрков // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2010. – Т. 2. – С. 202–204.

Годунов Анатолий Иванович

доктор технических наук, профессор,
кафедра автоматики и телемеханики,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: Godunov@pnzgu.ru

Лобачев Алексей Владимирович

аспирант,
кафедра автоматики и телемеханики,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: Godunov@pnzgu.ru

Аннотация. Проводится оценка возможности применения адаптивных алгоритмов в АСУ. Рассматривается выбор рациональных решений для неопределенных условий применения АСУ с адаптивными компонентами и особенности модели функционирования адаптивной АСУ.

Ключевые слова: адаптивные алгоритмы, автоматизированная система управления, эффективность, адаптивно-модульные схемы, модели функционирования.

Godunov Anatoliy Ivanovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of automatics and telemechanics,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Lobachev Aleksey Vladimirovich

postgraduate student,
sub-department of automatics and telemechanics,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Abstract. The article assesses the possibility of applying adaptive algorithms in ACS. Discusses the selection of rational solutions for undefined applications automatic control system with adaptive components and features of the model of adaptive functioning ACS.

Key words: adaptive algorithms, automated control system, efficiency, adaptive modular scheme, functional model.

УДК 001.51

Годунов, А. И.

Оценка возможности применения адаптивных алгоритмов в автоматизированных системах управления / А. И. Годунов, А. В. Лобачев // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 4 (8). – С. 41–47.