

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 860 557** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК

[G05B 21/02 \(2006.01\)](#)[G05B 13/00 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.04.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 25.04.2028 по 24.04.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 25.04.2028 по 24.04.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 25.04.2029 по 24.10.2029 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты пошлины за поддержание патента в силе

(52) СПК

G05B 21/02 (2026.01); G05B 13/00 (2026.01)(21)(22) Заявка: [2025108637](#), 24.04.2024(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.04.2024Дата регистрации:
21.04.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.04.2024

(43) Дата публикации заявки: 24.10.2025 Бюл. №
[30](#)(45) Опубликовано: [21.04.2026](#) Бюл. № [12](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 86021 U1, 20.08.2009. RU 59278
U1, 10.12.2006. RU 80970 U1, 27.02.2009. RU
2758638 C1, 01.11.2021. US 9292070 B2,
22.03.2016. US 7613572 B2, 03.11.2009. US
9990180 B2, 05.06.2018.**

Адрес для переписки:

**190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ**

(72) Автор(ы):

**Колесникова Светлана Ивановна (RU),
Фоменкова Анастасия Алексеевна (RU),
Поляк Марк Дмитриевич (RU),
Щеголева Александра Андреевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
аэрокосмического приборостроения" (RU)****(54) Дискретная система нелинейного стохастического управления**

(57) Реферат:

Изобретение относится к системам оптимального управления нелинейными объектами со стохастическими возмущениями и имеющими среди предельных состояний неустойчивые режимы и может быть использовано в регулировании многомерных и многосвязных технологических объектов/процессов, например, биоинженерной направленности (водные экосистемы, объекты биомедицинской инженерии, системы очистки сточных вод в промышленных установках на базе биореакторов и др.), характеризующихся многорежимностью и нестационарностью, обусловленной, в том числе, влиянием ограниченных неконтролируемых возмущений. Дискретная система нелинейного стохастического управления содержит блок распознавания сигналов (1), блок принятия решений (2), задающее устройство (3), устройство сравнения (4), регулятор (5), исполнительный механизм (6), объект управления (7) и блок измерительного устройства (8), блок оценки качества управления (9), блок выбора и задания макропеременной (МП) (10), блок наблюдателя состояния (11), анализатор состояния (12), блок задания начального состояния (13), блок вычисления функции Эйлера-Лагранжа (ЭЛ) и МП (14), блок

неконтролируемость начальных значений переменных состояния объекта управления, и содержащая последовательно соединенные задающее устройство, устройство сравнения, регулятор, объект управления и блок наблюдателя состояния, связанный с блоком вычисления функции Гамильтона, который подключен к блоку показателей качества управления, блоку эталонной модели и блоку вычислений коэффициентов перенастройки, выход которого соединен с регулятором, а вход соединен с блоком эталонной модели, выход регулятора подключен к входу широтно-импульсного модулятора, выход которого соединен с блоком эталонной модели, блоком вычисления функции Гамильтона и первым выходом импульсного усилителя, выход которого подключен к объекту управления, второй вход импульсного усилителя подключен к выходу анализатора начального состояния, первый вход которого соединен с выходом блока наблюдателя состояния, второй вход анализатора начального состояния соединен с выходом блока эталонной модели, подключенного к объединенным входам блока вычисления функции Гамильтона и блока вычислений коэффициентов перенастройки, третий вход анализатора начального состояния соединен с входом блока эталонной модели и выходом блока задания начального состояния.

Недостатком данного устройства является снижение качества управления неустойчивыми объектами, в частности, возрастает неопределенность в перерегулировании и длительности переходных процессов вследствие высокой чувствительности к отклонениям между значениями состояний объекта управления и эталонной модели, а также отсутствие возможности своевременного определения близости текущего состояния одному из равновесных устойчивых состояний для перенастройки регулятора с целью стабилизации ОУ.

Известна «Система робастного оптимального управления дискретными объектами» (Патент РФ №59278 U1, МПК G05D 3/12, G05D 3/20, опубл. 2006.10.12 г.) дискретными объектами, содержащей связанные последовательно задающее устройство, устройство сравнения, цифровой регулятор, объект управления и блок наблюдателя состояния, причем блок наблюдателя состояния связан с цифровым регулятором и с устройством сравнения, а также блок показателей качества управления, отличающаяся тем, что блок вычисления функции Гамильтона подключен к цифровому регулятору, блоку наблюдателя состояния, блоку показателей качества управления и блоку эталонной модели, при этом блок вычислений коэффициентов перенастройки связан с блоком вычисления функции Гамильтона, с блоком эталонной модели и с цифровым регулятором.

Недостатком аналога является высокая чувствительность к начальным условиям и к характеру нелинейности, неизбежно присутствующей в физическом объекте, что приводит к снижению показателей качества системы управления сложными системами.

Прототипом заявляемого изобретения является «Система управления с распознаванием образов динамических состояний стохастического объекта» (Патент РФ №86021, МПК G05D 13/00, опубл. 20.08.2009, бюл. №23). Система управления с распознаванием образов динамических состояний стохастического объекта содержит последовательно соединенные задающее устройство, устройство сравнения, регулятор, объект управления, блок наблюдателя состояния, связанный с устройством сравнения и блоком вычисления функции Гамильтона, который подключен к блоку показателей качества управления, блоку эталонной модели и блоку вычислений коэффициентов перенастройки, выход которого соединен с регулятором, а вход соединен с блоком эталонной модели. Выход регулятора подключен к входу широтно-импульсного преобразователя, выход которого соединен с блоком эталонной модели, блоком вычисления функций Гамильтона и первым входом импульсного усилителя, выход которого подключен к объекту управления, второй вход импульсного усилителя подключен к выходу анализатора начального состояния, первый вход которого соединен с выходом блока наблюдателя состояния, второй вход анализатора начального состояния соединен с выходом блока эталонной модели, подключенного к объединенным входам блока вычисления функции Гамильтона и блока вычислений коэффициентов перенастройки, третий вход анализатора начального состояния соединен с входом блока эталонной модели и выходом блока задания начального состояния. Выход блока наблюдателя состояний подключен к первому входу блока авторегрессионной модели и блоку вычисления автокорреляционной функции, выход которого подключен к блоку вычисления оценок коэффициентов и первому входу блока оптимизации критериальной функции, второй вход которого соединен с выходом блока вычисления оценок коэффициентов, выход блока оптимизации критериальной функции соединен со вторым входом блока авторегрессионной

модели, выход которого соединен с первым входом блока распознавания состояний, второй вход которого соединен с выходом задающего устройства, а выход - с входом блока принятия решений, выход которого соединен с входом задающего устройства.

Недостатками прототипа являются недостаточная статистическая значимость процедуры распознавания состояний, обусловленная проблемами авторегрессионного моделирования нестационарного временного ряда, порождаемого нелинейными неустойчивыми процессами, а также недостаточная точность регулирования по причине линеаризованного закона управления, что неприемлемо для неустойчивых процессов, чувствительных к погрешностям в силу наличия хаотических режимов.

Кроме того, повышенная чувствительность прототипа к уровню случайного возмущения обусловлена не только возможной физической неустойчивостью нелинейного ОУ, но и использованием эталонных моделей, описание которых в условиях неопределенностей как систематического, так и случайного характера.

Задачей изобретения является обеспечение стабилизации нелинейных дискретных многомерных и многосвязных технологических объектов/процессов, имеющих среди предельных состояний неустойчивые и устойчивые режимы, и функционирование которых сопряжено с неконтролируемыми ограниченными стохастическими возмущениями.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение качества функционирования потенциально неустойчивых в разомкнутом состоянии систем, а именно: в обеспечении достижения практически целесообразных равновесных состояний ОУ, дальнейшем поддержании достигнутого установившегося режима и энергосбережения управляющих воздействий.

Техническим результатом достигается тем, что дискретная система нелинейного стохастического управления, содержащая последовательно соединенные блок распознавания состояния, блок принятия решений, задающее устройство, устройство сравнения, регулятор, исполнительный механизм, объект управления и блок измерительного устройства, последовательно соединенные блок наблюдателя состояния и анализатор состояния, а также блок задания начального состояния, выход которого соединен со вторым входом анализатора состояния, при этом выход блока измерительного устройства является выходом системы и соединен со входом блока наблюдателя состояния, а второй вход объекта управления является входом возмущающего воздействия, дополнительно содержит последовательно соединенные блок оценки качества управления и блок выбора и задания МП, первый выход которого соединен со вторыми входами блока принятия решений и блока распознавания состояния, а второй выход - со вторым входом задающего устройства, блок оценки качества распознавания состояния, первый вход которого соединен со вторым выходом блока распознавания состояния, при этом блок распознавания состояния содержит последовательно соединенные блок задержки, блок накопления и вычисления ЦМП и блок построения AR-модели ЦМП, а также последовательно соединенные база функциональных зависимостей и блок построения DS-моделей ЦМП, а также блок сравнения AR- и DS-моделей, первый и второй вход соединены с выходами блока построения AR-модели ЦМП и блока построения DS-моделей ЦМП соответственно, а его выход является первым выходом блока распознавания состояния, второй вход блока построения AR-модели ЦМП является третьим входом блока распознавания состояния и соединен с выходом блока оценки качества распознавания состояния, а второй вход блока построения DS-моделей ЦМП является вторым входом блока распознавания состояния и соединен с первым выходом блока выбора и задания МП, при этом вход блока задержки является первым входом блока распознавания состояния и соединен со вторым выходом блока наблюдателя состояния, а также устройство также содержит последовательно соединенные блок оценивания и сглаживания возмущений и блок вычисления параметров регулятора, выход которого соединен со вторым входом регулятора, а также последовательно соединенные блок критерия качества стабилизации ОУ в окрестности МП и блок вычисления функции ЭЛ и МП, первый выход которого соединен с третьим входом анализатора состояния, а второй выход - со входом блока оценивания и сглаживания возмущений, вторым входом блока вычисления параметров регулятора и вторым входом устройства сравнения одновременно, при этом выход анализатора состояний соединен со вторым входом исполнительного механизма, выход блока задания начального состояния соединен с первым входом блока вычисления функции ЭЛ и МП, второй выход блока наблюдателя состояния одновременно соединен со входом блока оценки качества управления, третьим входом блока вычисления функции ЭЛ и МП и вторым входом блока оценки качества распознавания состояния.

Технический результат достигается за счет сопоставления расстояния между векторами параметров авторегрессии отрезка временного ряда, сопоставленному текущим наблюдениям и параметров разностных схем, сопоставленных выделенным макросостояниям, как признакам этих состояний, а также переключений между режимами функционирования, обеспечиваемых априорно заданным множеством целевых макросостояний.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 - функциональная схема дискретной системы нелинейного стохастического управления, а на фиг. 2 - детализация «блока распознавания образов состояний и принятия решений 1» и обозначены:

- 1 - блок распознавания состояния
- 1.1 - блок задержки
- 1.2 - блок накопления и вычисления ЦМП
- 1.3 - блок построения AR-модели ЦМП
- 1.4 - база функциональных возможностей
- 1.5 - блок построения DS-моделей ЦМП
- 1.6 - блок сравнения AR- и DS-моделей
- 2 - блок принятия решений
- 3 - задающее устройство
- 4 - устройство сравнения
- 5 - регулятор
- 6 - исполнительный механизм
- 7 - объект управления
- 8 - блок измерительного устройства
- 9 - блок оценки качества управления
- 10 - блок выбора и задания МП
- 11 - блок наблюдателя состояния
- 12 - анализатор состояния
- 13 - блок задания начального состояния
- 14 - блок вычисления функции ЭЛ и МП
- 15 - блок критерия качества стабилизации ОУ в окрестности МП
- 16 - блок оценивания и сглаживания возмущений
- 17 - блок вычисления параметров регулятора
- 18 - блок оценки качества распознавания состояния

Термины и определения: ЦМП - целевая макропеременная; МП - макропеременная; ОУ - объект управления; DS - разностная схема; AR - авторегрессия; ЭЛ - функция Эйлера-Лагранжа для функционала (критерия) стабилизации.

Дискретная система нелинейного стохастического управления содержащая последовательно соединенные блок распознавания сигналов (1), блок принятия решений (2), задающее устройство (3), устройство сравнения (4), регулятор (5), исполнительный механизм (6), объект управления (7) и блок измерительного устройства (8), выход которого является выходом системы, последовательно соединенные блок оценки качества управления (9) и блок выбора и задания МП (10), первый выход которого соединен со вторыми входами блока распознавания сигналов (1) и блока принятия решений (2), а его второй выход соединен со вторым входом задающего устройства (3), блок наблюдателя состояния (11), первый выход которого соединен с первым входом анализатора состояния (12), блок задания начального состояния (13), выход которого соединен со вторым входом анализатора состояния (12) и первым входом блока вычисления функции ЭЛ и МП (14), первый выход которого соединен с третьим входом анализатора состояния (12), выход которого соединен со вторым входом исполнительного механизма (6), блок критерия качества стабилизации ОУ в окрестности МП (15), выход которого соединен со вторым входом блока вычисления функции ЭЛ и МП (14), а также последовательно соединенные блок оценивания и сглаживания возмущений (16) и блок вычисления параметров регулятора (17), выход которого соединен со вторым входом регулятора (5), а также блок оценки качества распознавания состояния (18) выход которого соединен с третьим входом блока распознавания состояния (1), второй выход которого соединен с первым входом блока оценки качества распознавания состояния (18), при этом второй выход блока вычисления функции ЭЛ и МП (14) одновременно соединен со входом блока оценивания и сглаживания возмущений (16), вторым входом блока вычисления параметров регулятора (17) и вторым входом устройства сравнения (4), а второй выход блока наблюдателя состояния (11) одновременно соединен со входом блока оценки качества управления (9), третьим входом блока вычисления функции ЭЛ и МП (14), вторым входом блока оценки качества распознавания состояния (18) и

первым входом блока распознавания сигналов (1), выход блока измерительного устройства (8) является выходом системы и соединен со входом блока наблюдателя состояния (11).

При этом блок распознавания состояния (1) содержит последовательно соединенные блок задержки (1.1), блок накопления и вычисления ЦМП (1.2) и блок построения AR-модели ЦМП (1.3), а также последовательно соединенные база функциональных зависимостей (1.4) и блок построения DS-моделей ЦМП (1.5), а также блок сравнения AR- и DS-моделей (1.6), первый и второй вход которого соединены с выходами блока построения AR-модели ЦМП (1.3) и блока построения DS-моделей ЦМП (1.5), а его выход является первым выходом блока распознавания состояния (1), второй вход блока построения AR-модели ЦМП (1.3) является третьим входом блока распознавания состояния (1) и соединен с выходом блока оценки качества распознавания состояния (18), а второй вход блока построения DS-моделей ЦМП (1.5) является вторым входом блока распознавания состояния (1) и соединен с первым выходом блока выбора и задания МП (10), при этом вход блока задержки (1.1) является первым входом блока распознавания состояния (1) и соединен со вторым выходом блока наблюдателя состояния (11).

Методика надежного распознавания состояний основана на совокупности алгоритмов из работ [1, 2].

Применение заявленного изобретения должно сопровождаться выполнением следующих условий.

Исходный объект имеет математическое описание в виде системы нелинейных разностных уравнений (конечно-разностных схем ОДУ, в частности), все решения которой ограничены:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}[k+1] &= \mathbf{F}[k] + \mathbf{u}[k] + \xi[k+1] + c\xi[k], \\ \mathbf{X}[k_0] &= \mathbf{X}_0, \quad k = k_0, k_0 + 1, \dots \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mathbf{X}[k] = (X_1[k], \dots, X_n[k])^T$, $\mathbf{F}[k] := \mathbf{F}(x[k]) \in \mathbb{R}^n$, $\mathbf{u} \in \mathbb{R}^m$, $m \leq n$ векторы состояний, нелинейной функции описания динамики изменения состояний ОУ, и управления, соответственно; $\xi[k] \in \mathbb{R}^l$, $l \leq m$ случайные некоррелированные функции, $E\{\xi_i[k]\} = 0$, $D\{\xi_i[k]\} = \sigma^2$, $i = \overline{1, l}$, $|c| < 1$.

Следует отметить, что в отличие от классических схем стохастического регулирования в предлагаемой модели не делается предположений о типе закона вероятностного распределения случайных величин важно только предположение их ограниченности.

Существует аналитическое описание потенциальных практически целесообразных состояний объекта управления как множеств с «притягивающим» свойством (аттракторов) в виде предельного уравнения $\psi(\mathbf{X}(t)) = 0$ при $t \rightarrow \infty$, где $\psi(\mathbf{X}(t))$ - ЦМП, известная функция, экспертно-определяемая из непротиворечивых физических, технологических особенностей ОУ, наилучшим образом согласующихся с его целевыми качествами [1, 3].

Функционал качества управления, согласно применяемому основному методу конструирования нелинейного регулятора, имеет вид [1]:

$$\begin{aligned} \Phi &= \Phi(\psi) = \mathbf{M} \left(\sum_{k=k_0}^{\infty} \sum_{j=1}^m \left(\alpha_j^2 (\psi_j[k])^2 + (\Delta\psi_j[k])^2 \right) \right) \rightarrow \min, \\ \Delta\psi_j[k] &= \psi_j[k] - \psi_j[k-1], \quad k = k_0 + 1, \dots; \\ \psi_j[k_0] &= \psi_j(\mathbf{X}[k_0]), \quad \mathbf{X}[k_0] = \mathbf{X}_0, \quad \Delta\psi_j[k_0] = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\psi_j[k+1] + \lambda_j \psi_j[k] = 0, \quad \lambda_j = \text{const}, \quad |\lambda_j| < 1, \quad j = \overline{1, m}, \quad k = k_0, k_0 + 1, \dots \quad (3)$$

Поступающие данные с выхода блока адаптации структуры и параметров регулятора позволяют вычислить в реальном времени значения параметров ($\alpha_j, \lambda_j, j = \overline{1, m}$) закона регулирования, существенно влияющих на качество управления.

Оценка возмущения для решения задачи стабилизации выполняется по формуле:

$$\psi^{(1)}[k+1] + \lambda^{(1)} \psi^{(1)}[k] = \hat{\xi}[k+1], \quad (4)$$

где умножение по координатам, а верхний индекс указывает на уровень иерархии аналитического синтеза регулятора [1, 4].

Траектории исходной модели состояния объекта - стабилизируемы в некоторой окрестности экспертно выделенных предельных целевых равновесных состояний $\psi(X(t))=0, t \rightarrow \infty$.

Размерность векторной ЦМП совпадает с размерностью управления, что является, с одной стороны, условием применения стохастического регулятора [4], полученного в классе синергетических управлений [5], минимизирующих дисперсию ЦМП [6]; с другой стороны, такое ограничение позволяет использовать совокупности частных критериев, отражающие локальные требования к качеству предельной системы.

Предлагаемая система управления предназначена для стабилизации ОУ различной прикладной направленности (например, неустойчивых биоинженерных систем, имеющих несколько технологически целесообразных состояний и несколько вариантов их достижения), мониторинга, результаты которого используются для коррекции параметров регулятора, исследования возможных потенциальных состояний (устойчивых/неустойчивых) и выявления новых свойств (закономерностей), которые могут быть обнаружены на базе экспертно сформулированных ЦМП, множество которых может пополняться в процессе эксплуатации ОУ.

Кроме того, в предлагаемой системе совершенствованы динамические показатели регулирования нестабильных процессов, в частности, обеспечивается корректная (безошибочная на имитационной модели) реакция на параметрические и координатные возмущения, возникающие в ОУ.

Дискретная система нелинейного стохастического управления работает следующим образом.

Задающее устройство 3 на основе фиксированной макропеременной из блока выбора и задания целевой МП 10, выбор которой обеспечивается показателем оценки качества управления из блока 9, формирует входное воздействие, поступающее на устройство сравнения 4 для вычитания сигнала обратной связи с выхода блока вычисления значения макропеременной состояния 14, являющейся функцией-экстремалью уравнения Эйлера-Лагранжа для функционала - критерия качества вида (2) стабилизации ОУ (1) в блоке критерия качества стабилизации ОУ в окрестности МП 15, обеспечивающего стабилизацию ОУ в пространстве состояний ОУ на основании значений оценки состояния, поступающих с выходов блоков задания начального состояния 13 и наблюдателя состояния 11. Алгоритм получения оценок текущего состояния осуществляется в блоке наблюдателя состояния 11 на основе априорно заданных ретроспективных значений некоторых параметров ОУ и данных из блока измерительного устройства 8. Ошибка регулирования с выхода устройства сравнения 4 поступает на регулятор 5 и далее на исполнительный механизм 6, выходной сигнал которого приводит в действие объект управления 7 согласно выбранной цели управления в блоке выбора и задания целевой МП 10.

Требования к качеству регулирования процессов в объекте управления 7, назначаемые в блоке качества стабилизации ОУ в окрестности МП 15, обеспечивают: а) оптимальность оценки макросостояния по значениям функции ЭЛ и МП из блока 14, б) минимальность дисперсии ЦМП, согласно формулам (4) из [4], используемой в операциях блока оценивания и сглаживания возмущения 16, оценка которого перед поступлением в блок адаптации структуры и параметров регулятора 17 и далее в блок регулятора 5 подвергается ядерному сглаживанию в блоке 16.

На основе априорной информации о регулируемых процессах в объекте управления 7 в блоке задания начального состояния 13 определяются оценки начальных значений измеряемых и оцениваемых переменных состояния ОУ, поступающие далее в блоки анализатора начального состояния 12 и вычисления функции ЭЛ и МП 14. Неизбежное на практике отклонение реальных начальных значений переменных состояния ОУ 7 от назначенных значений на основе ретроспективных сведений, сформированных в блоке задания начального состояния 13, оценивается анализатором состояния 12 как возмущение, в противном случае анализатор состояния 12 генерирует определенный разрешающий сигнал на блок исполнительного механизма 6.

На основе значений переменных с выхода блока наблюдателя состояния 11 согласно критерию, заданному в блоке оценки качества распознавания состояния 18, и на основе априорно заданного множества целевых макросостояний в блоке выбора и задания целевой МП 10, в блоке распознавания состояния 1 реализуется алгоритм распознавания текущего состояния (см. фиг. 2), результаты которого поступают в блок принятия решений 2, где на основе информации из блока выбора и задания целевой

МП 10 и данных блока распознавания состояния 1 принимается решение об изменении/неизменении целевой МП с целью поддержания ОУ в стабильном состоянии с заданными свойствами.

Сопоставление целевых характеристик заявляемого изобретения и прототипа позволяет сделать вывод о том, что заявляемая дискретная система нелинейного стохастического управления обеспечивает высокую точность распознавания состояния, что приводит к увеличению эффективности и мониторинга сложного объекта и системы стабилизации неустойчивого ОУ с минимальными дисперсией ЦМП и радиуса окрестности целевого состояния.

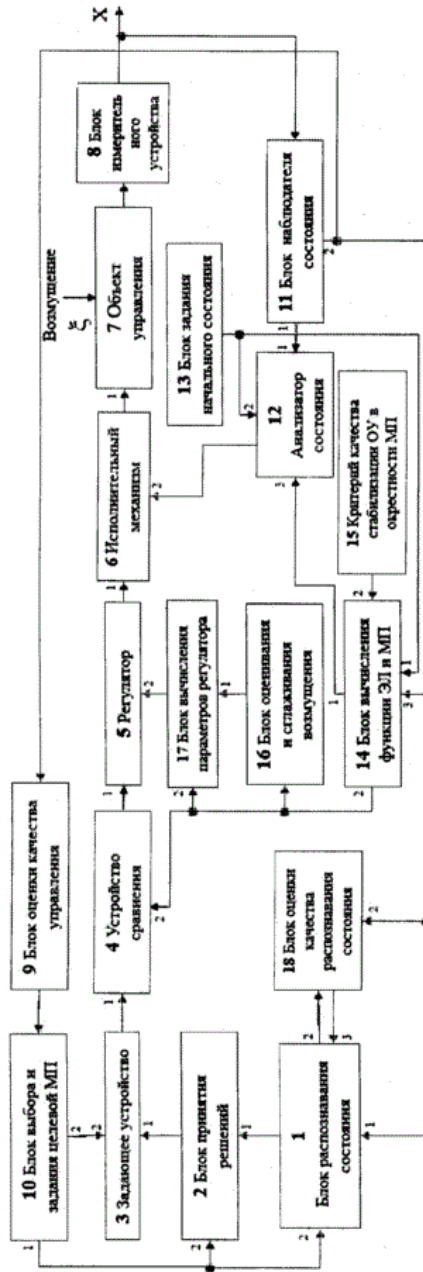
Источники информации, принятые во внимание:

1. Колесникова С.И. Метод распознавания и оценивания состояний слабоформализованного динамического объекта на основе разметки временного ряда // Известия РАН. Теория и системы управления. 2011. №5. С.41-52.
2. Тырсин А.Н. Идентификация нестационарных экономических процессов на основе дискретно-совпадающих моделей авторегрессии // Известия Уральского государственного экономического университета. 2004. №9. С. 44-51.
3. Красовский А.А. Проблемы физической теории управления. Автомат, и телемех. 1990. №11. С. 3-28; Autom. Remote Control. 51:11 (1990). 1459-1479.
4. Kolesnikova S.I. Synthesis of Controller for Vector Plant, Based on Integral Adaptation Method for Disturbance Suppression. Differential equations and control processes, N. 3, 2022. С. 27-45.
5. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: Едиториал уDSC/КомКнига, 2006. - 240 с.
6. Åström, K.J., and Wittenniark, B. Adaptive Control. 2nd ed., New York: Dover Publications, 2008.

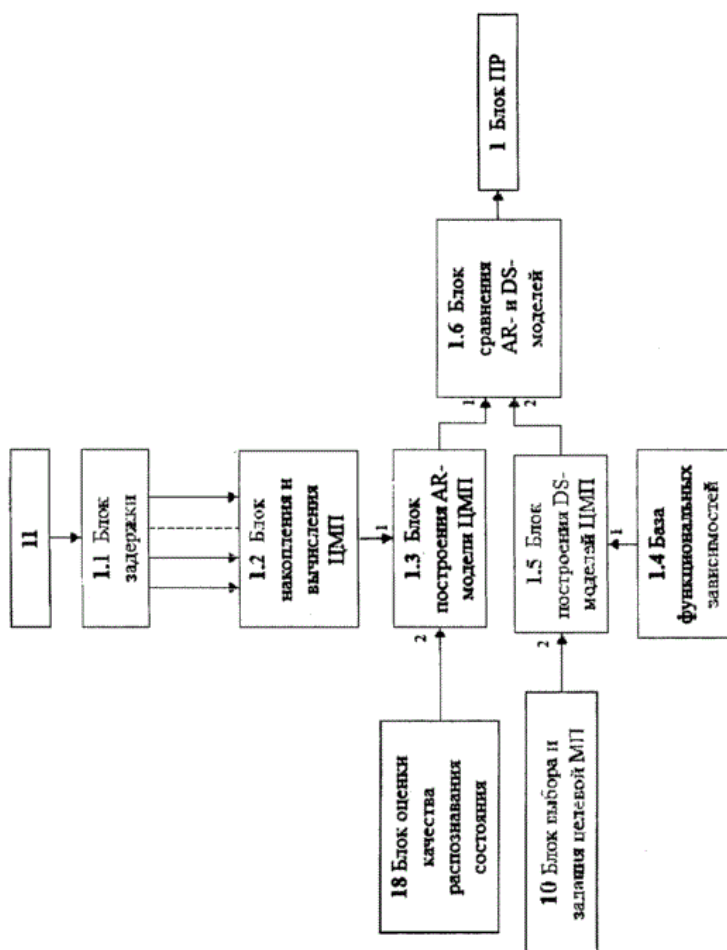
Формула изобретения

Дискретная система нелинейного стохастического управления, содержащая последовательно соединенные блок распознавания состояния, блок принятия решений, задающее устройство, устройство сравнения, регулятор, исполнительный механизм, объект управления и блок измерительного устройства, последовательно соединенные блок наблюдателя состояния и анализатор состояния, а также блок задания начального состояния, выход которого соединен со вторым входом анализатора состояния, при этом выход блока измерительного устройства является выходом системы и соединен со входом блока наблюдателя состояния, а второй вход объекта управления является входом возмущающего воздействия, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит последовательно соединенные блок оценки качества управления и блок выбора и задания МП, первый выход которого соединен со вторыми входами блока принятия решений и блока распознавания состояния, а второй выход - со вторым входом задающего устройства, блок оценки качества распознавания состояния, первый вход которого соединен со вторым выходом блока распознавания состояния, при этом блок распознавания состояния содержит последовательно соединенные блок задержки, блок накопления и вычисления ЦМП и блок построения AR-модели ЦМП, а также последовательно соединенные базу функциональных зависимостей и блок построения DS-моделей ЦМП, а также блок сравнения AR- и DS-моделей, первый и второй вход соединены с выходами блока построения AR-модели ЦМП и блока построения DS-моделей ЦМП соответственно, а его выход является первым выходом блока распознавания состояния, второй вход блока построения AR-модели ЦМП является третьим входом блока распознавания состояния и соединен с выходом блока оценки качества распознавания состояния, а второй вход блока построения DS-моделей ЦМП является вторым входом блока распознавания состояния и соединен с первым выходом блока выбора и задания МП, при этом вход блока задержки является первым входом блока распознавания состояния и соединен со вторым выходом блока наблюдателя состояния, а также устройство содержит последовательно соединенные блок оценивания и сглаживания возмущений и блок вычисления параметров регулятора, выход которого соединен со вторым входом регулятора, а также последовательно соединенные блок критерия качества стабилизации ОУ в окрестности МП и блок вычисления функции ЭЛ и МП, первый выход которого соединен с третьим входом анализатора состояния, а второй выход - со входом блока оценивания и сглаживания возмущений, вторым входом блока вычисления параметров регулятора и вторым входом устройства сравнения одновременно, при этом выход анализатора состояний соединен со вторым входом исполнительного механизма, выход блока задания начального состояния соединен с первым входом блока вычисления функции ЭЛ и МП, второй выход блока

наблюдателя состояния одновременно соединен со входом блока оценки качества управления, третьим входом блока вычисления функции ЭЛ и МП и вторым входом блока оценки качества распознавания состояния.



Фиг. 1



Фиг. 2