

ГИБРИДНЫЙ АЛГОРИТМ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЫБОРА УПРАВЛЕНИЯ: ДВУХУРОВНЕВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КЛАССИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ НА ОСНОВЕ БИНАРНЫХ КРИТЕРИЕВ

Аксенов Сергей Геннадьевич

Доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа
beregpyla@mail.ru

HYBRID DYNAMIC CONTROL SELECTION ALGORITHM: TWO-LEVEL INTEGRATION OF CLASSICAL MODELS AND FUZZY LOGIC BASED ON BINARY CRITERIA

S. Aksenov

Summary. In conditions of uncertainty and incomplete a priori information, traditional management methods lose their effectiveness. A two-level intelligent hybrid system is proposed that combines classical regulation and fuzzy logic in a single adaptive cycle. The first level provides continuous management based on analytical models; the second level generates control actions based on expert rules under uncertainty. The system dynamically switches between methods based on an assessment of data availability and result quality, forming a closed loop with correction. At the same time, each step of the algorithm captures the state of the system, provides feedback, and allows you to adjust the knowledge base in real time. The approach is implemented through a formalized knowledge base, complies with the laws of hybridization, and ensures stability, fault tolerance and applicability to complex technical facilities.

Keywords: hybrid algorithm, dynamic control selection, fuzzy logic, binary criteria.

Аннотация. В условиях неопределённости и неполной априорной информации традиционные методы управления теряют эффективность. Предложена двухуровневая интеллектуальная гибридная система, объединяющая классическое регулирование и нечёткую логику в едином адаптивном цикле. Первый уровень обеспечивает непрерывное управление на основе аналитических моделей, второй — генерирует управляющие воздействия на основе экспертных правил при неопределённости. Система динамически переключается между методами на основе оценки доступности данных и качества результата, формируя замкнутый цикл с коррекцией. При этом каждый шаг алгоритма фиксирует состояние системы, обеспечивает обратную связь и позволяет корректировать базу знаний в реальном времени. Подход реализован через формализованную базу знаний, соответствует законам гибридизации и обеспечивает устойчивость, отказоустойчивость и применимость к сложным техническим объектам.

Ключевые слова: гибридный алгоритм, динамический выбор управления, нечёткая логика, бинарные критерии.

Современные требования к автоматизации обусловили развитие гибридных систем, способных описывать сложное непрерывно-дискретное поведение объектов, не поддающееся классическому моделированию; интеграция методов классического управления с нечёткой логикой и искусственным интеллектом позволила создавать адаптивные решения для промышленных и бытовых систем, эффективно сочетающие чёткие и нечёткие знания. Ключевым направлением остаётся повышение адаптивности — способности системы к динамической перестройке под внешние изменения, что реализуется в многокомпонентных архитектурах (комбинированных, интегрированных, объединённых, ассоциативных и распределённых), объединяющих различные методы ИИ и обеспечивающих гибкость, масштабируемость и применимость в условиях неопределённости и распределённых данных [1,5].

Графическое представление указанных архитектурных типов гибридных интеллектуальных систем приведено на рис. 1.

Комбинированные гибридные системы, такие как экспертные системы с нейросетями, интегрируют формализованные правила и неформализованные знания, интегрированные системы используют модуль-интегратор для динамического выбора и объединения выходов, объединённые — обучаемые методы (нейросети, генетические алгоритмы) для адаптации, а ассоциативные — гибко сочетают автономную и координированную работу модулей; ключевым элементом всех таких систем является база знаний, построенная на данных и экспертных правилах, что делает их незаменимыми для управления объектами с неполной априорной информацией [3].

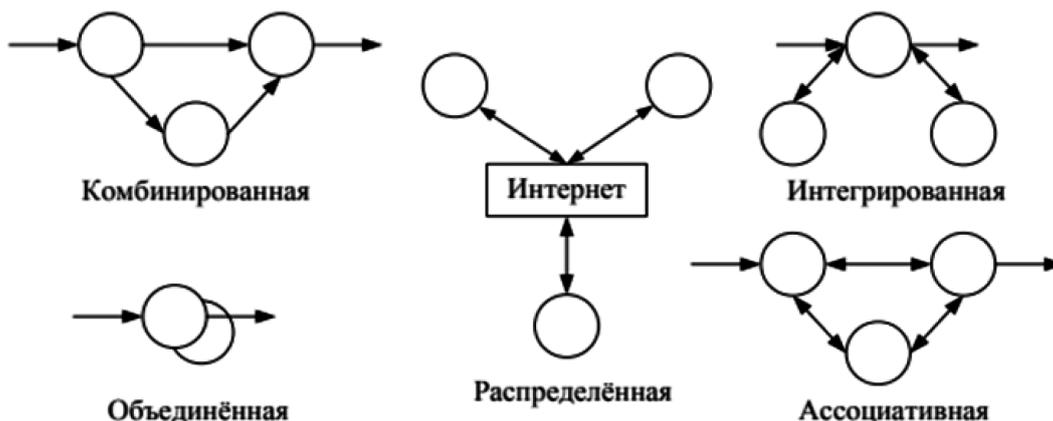


Рис. 1. Архитектуры гибридных интеллектуальных систем

Методика построения адаптивной гибридной системы включает анализ проблемной области, формализацию знаний, синтез взаимодействия классических и нечётких методов, построение модели с формированием базы правил, а также моделирование, верификацию и итеративную корректировку для обеспечения адекватности и устойчивости; основана на трёх законах гибридизации (рис. 2) [2].



Рис. 2. Двухуровневая система обработки данных

Первый уровень системы реализует формально-логическое управление на основе классических методов и программных моделей, второй — нечёткое моделирование для анализа неопределённости; их совместное функционирование позволяет интегрировать точность аналитического подхода. Двухуровневая архитектура обеспечивает информационное взаимодействие компонентов, характерное для современных организационно-технических систем, и основана на сочетании формального вывода и нечёткой логики. Последовательность решения задач управления представлена на рисунке 3 [8].

Алгоритм реализует гибридный подход: на каждой итерации сначала применяется классический метод (1),

затем — нечёткий (2), с выбором между ними на основе оценки достаточности данных [1,8].

Для формализации процесса введены бинарные переменные:

- $I=1$ — метод 1 применим, $I=0$ — нет;
- $L=1$ — решение эффективно, $L=0$ — нет.

Этапы алгоритма:

1. Постановка задачи — чёткое определение целей, входных и выходных параметров.
2. Сбор данных — приём сигналов от внешней среды для последующей обработки.
3. Предобработка — классификация и подготовка входной информации, необходимой для принятия решения о выборе метода.
4. Формирование базы знаний — структурирование априорной информации о системе.
5. Решение о выборе метода — анализ, достаточно ли информации для применения метода 1. При $I=1$ — переход к этапу 7 (нечёткий метод), если $I=0$ — переход к этапу 6 (классический метод).
6. Реализация классического метода — применение формально-логических моделей управления.
7. Реализация нечёткого метода — генерация управляющего воздействия на основе экспертных правил и неопределённых данных.
8. Оценка эффективности — проверка результата по критерию L . При $L=1$ — переход к завершению (этап 10), если $L=0$ — переход к корректировке (этап 9).
9. Корректировка — возврат к предыдущим этапам для уточнения данных или параметров.
10. Завершение — фиксация и вывод окончательного решения.

В процессе работы гибридная система не является заранее заданной статической структурой — она формируется динамически в ходе решения задачи. Гибрид возникает как последовательность взаимосвязанных от-



Рис. 3. Последовательность действий при решении задачи управления

ношений R_i , определяющих порядок и условия перехода между методами. Обязательным условием функционирования гибрида является установление приоритетов между автономными методами, входящими в его состав.

Таким образом, описанная последовательность действий при решении задачи управления представляет собой гибридный метод, что позволяет классифициро-

вать используемый подход как гибридный алгоритм. Интеграция аналитических и статистических моделей с нечёткими системами обосновывает переход к интеллектуальной гибридной системе управления. Такое сочетание обеспечивает многоаспектность анализа и повышает эффективность управления в условиях неопределённости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.Г. Управление организационными системами на основе интеллектуальных информационных технологий: методы и алгоритмы решения управленческих задач с применением искусственного интеллекта // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2025. — №2/2. — С 42–47
2. Pacheco R. et al. A hybrid intelligent system applied to financial statement analysis // Proc. of 5th FUZZ IEEE. New Orleans. — 1996. — P. 1007–1012.
3. Herrmann C.A. hybrid fuzzy-neural expert system for diagnosis // Proc. of IJCAI. Montreal. — 1995. — P. 1–10.
4. Froning J.N., Olson M.D., Froelicher V.F. Exercise ECG analysis and measurement using an expert system approach // Proc. of 10th IC. IEEE Engineering in medicine & biology society. — 1988. — P. 1–2.
5. Yan H.H. et al. Power system security assessment using a hybrid expert system/neural network architecture // Proc. of IEEE. ISCS. New York. — 1992. — P. 1713–1716.
6. Sivathanan S., Cecelja F., Balachandran W. ECG Diagnosis using neural network and fuzzy expert system // Proc. of PREP'99. UMIST. Manchester. — 1999. — P. 340–343.
7. El_Fergany A.A., Yousef M.T., El_Alaily A.A. Fault diagnosis in power systems — substation level — through hybrid artificial neural networks and expert system // IEEE. — 2001. — P. 207–211.
8. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы: Монография. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — 142 с.