

УДК 681.518.9; 621.384.3

С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов
Московский технологический университет МИРЭА, г. Москва, Россия
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПОЛЕЙ

S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova, K. E. Rusanov
Moscow Technological University MIREA, c. Moscow, Russia
Russia, 119454, c. Moscow, Vernadsky ave., 78

CHARACTERISTICS AND FUNCTIONING PRINCIPLES OF INTELLIGENCE INFORMATION PROCESSING SYSTEMS OF SPATI-TEMPORAL FIELDS

С. С. Анциферов, К. Н. Фазілова, К. Є. Русанов
Московський технологічний університет МІРЕА, м. Москва, Росія
Росія, 119454, м. Москва, пр. Вернадського, 78

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ПОЛІВ

В статье рассматриваются принципы функционирования адаптивных информационно-распознающих систем (АИРС) и гибридных интеллектуальных систем (ГИС) обработки информации пространственно-временных полей. К основным показателям свойств АИРС, построенных на принципе структурно-стохастической обработки информации, отнесены такие как скорость адаптации этих систем и достоверность получаемых результатов. К основным характеристикам ГИС, сочетающим принцип структурно-стохастической обработки информации и принцип продукционной обработки базы знаний взаимосвязанными активными элементами, отнесены достоверность получаемых результатов и устойчивость. Определена методология оценки показателей устойчивого функционирования гибридных интеллектуальных систем.

Ключевые слова: АИРС, гибридные интеллектуальные системы, база знаний, активные элементы, мера информативности, скорость адаптации, достоверность и устойчивость результатов, энтропия, фазовый портрет.

The article considers building and functioning of adaptive information-recognition systems (AIRS) and hybrid intelligent systems (HIS) processing information of spati-temporal fields. Adaptation speed and accuracy of results are the main properties indicators built on structurally-stochastic information processing principle. Accuracy of results and sustainability are the main indicators of GIS, combining structurally-stochastic information processing principle and product processing principle of knowledge base by interrelated active elements. Methodology of hybrid intelligent systems stable functioning indicators is defined.

Keywords: adaptive information-recognition system, hybrid intelligence systems, knowledge base, active elements, informational measure, adaptation speed, accuracy and sustainability of results, entropy, phase portrait.

У статті розглядаються принципи функціонування адаптивних інформаційно-розпізнавальних систем (АІРС) і гібридних інтелектуальних систем (ГІС) обробки інформації просторово-часових полів. До основним характеристикам показниками властивостей АІРС, побудованих на принципі структурно-стохастичної обробки інформації, віднесені такі як швидкість адаптації цих систем і достовірність отримуваних результатів. До основних характеристиками ГІС, що поєднують принцип структурно-стохастичної обробки інформації та принцип продукційної обробки бази знань взаємопов'язаними активними елементами, віднесені достовірність одержуваних результатів і стійкість. Визначена методологія оцінки показників сталого функціонування гібридних інтелектуальних систем.

Ключові слова: АІРС, гібридні інтелектуальні системи, база знань, активні елементи, міра інформативності, швидкість адаптації, достовірність і стійкість результатів, ентропія, фазовий портрет.

Введение

При решении проблем, связанных с оценкой состояний широкого класса исследуемых объектов с целью последующего принятия решений и выбора стратегии управления сложными процессами, все большее распространение получают системы, предназначенные для обработки информации полей различной физической природы, распознавания их образов. Значительное место среди этих полей занимают изотропные пространственно-временные поля, образуемые практически всеми объектами природной и техногенной среды в широком спектральном диапазоне. По мере расширения круга решаемых задач и их усложнения, к системам предъявляются все более жесткие требования по основным показателям их эффективности: высокая достоверность и устойчивость результатов при ограниченном времени их получения, устранение фактора субъективности при принятии решений, быстрая адаптируемость к новым задачам.

В настоящее время специалистами самого различного профиля огромное внимание уделяется проблеме создания интеллектуальных систем, т.е. систем, осуществляющих обработку информации на уровне ее «понимания» с широким использованием базы знаний (БЗ). Актуальность данной проблемы обуславливается как возрастающей информационной сложностью исследуемых явлений и процессов, так и все более нарастающей в целом ряде случаев интенсивностью обрабатываемых информационных потоков. Рост требований к точности (достоверности) результатов обработки только повышает актуальность указанной проблемы. В работах [1-9] были обозначены направления повышения интеллектуального потенциала адаптивных информационно-распознающих систем, реализующих методологию структурно-стохастической аппроксимации информации пространственно-временных полей и процесса их обработки, определены принципы адаптации параметров обрабатываемых алгоритмов. Выход АИРС на новый, более высокий уровень сложности, переводит их в разряд интеллектуальных систем обработки, возможно с распределенной многокомпонентной и многосвязной структурой, что, в свою очередь, требует при разработке таких систем не только учета закономерностей их построения, функционирования, развития и осуществимости, но и определения адекватных оценок основных системных параметров, показателей свойств [10-14].

Цель работы – установление принципов функционирования интеллектуальных систем обработки информации пространственно-временных полей.

Для достижения поставленной цели используем информационный подход к анализу систем [15]. Одним из основных в теории информационного подхода является понятие информационной сложности. Смысл этого понятия состоит в том, что любое распределение информации на фоне наложенных на нее логических связей должно обладать определенным содержанием. Согласно данной концепции образы полей формируются за счет логического пересечения измеримых интенсивностно-пространственных (геометрических) свойств элементарных компонентов поля и взаимообусловленности (взаимосвязанности) компонентов между собой. При этом любое распределение информации на фоне наложенных на нее логических связей обладает определенным содержанием и при анализе информации поля можно говорить о том, что она имеет больший или меньший смысл с точки зрения определенных целей. Тем самым обуславливается измеримость содержания, смысла ситуации.

Если в качестве общей математической модели, отражающей процесс формирования пространственно-временного поля, использовать дифференциальное уравне-

ние, согласно которому идентификационные признаки информации реализаций полей представляют собой изменяющиеся во времени совокупности пространственно-ориентированных интенсивных градиентов, образующие связные конфигурации разных форм и размеров, то становится возможной реализация принципа измеримости информации полей. При этом существует целый ряд факторов, оказывающих мешающее воздействие, что определяет вероятностный (стохастический) характер принципов формализации процедур управления адаптацией и распознаванием образов полей.

Использование элементов структурного подхода, согласно которому всё множество пространственных градиентов делится по свойствам измеримости и связности на непересекающиеся подмножества – элементарные компоненты, образующие ортогональный базис и являющиеся способом отражения (формализации) идентификационных признаков реализаций полей, позволяет определить допустимое множество образов полей.

Принципы функционирования АИРС

Обработка пространственно-временного поля в АИРС производится на каждом такте t_k , т.е. в каждый момент времени поступления очередной его реализации.

По окончании обработки выдается результат в виде некоторого сообщения $a_k = \{n; a_1, \dots, a_n\}_k$, где n – число отдельных (парциональных) сообщений. Для всей последовательности реализаций поля может быть построена траектория изменения значений векторов сообщений во времени $a_l(t)$, представляющая, по существу, образ поля. В качестве образа структурно-подобного подмножества полей будет выступать не отдельная траектория, а некоторая их совокупность – трубка близких, в некотором смысле, траекторий A_l . В качестве меры близости текущей b_k и эталонной a_k траекторий используется вероятностная мера – максимум апостериорной вероятности принадлежности (меры принадлежности) к образу, обеспечивающий минимум средних потерь:

$$\eta_l \equiv \tilde{P}_l(k) = \frac{P_l(k)P_l(a_k|b_k)}{\int_A P_l(k)P_l(a_k|b_k)da_k}, \quad (1)$$

где $P_l(k)$ имеет смысл априорной плотности вероятности принадлежности текущего сообщения траектории $a_l(t)$, а $P_l(a_k|b_k)$ – функции правдоподобия.

Для отыскания пространства образов, обеспечивающего минимум средних потерь можно использовать рекуррентное соотношение следующего вида

$$\rho_k = \rho_{k-1} - D_k^{-1} g(b_k, a_k) \nabla_{\rho} \eta_l(b_k, \rho_{k-1}). \quad (2)$$

Здесь критерием оптимизации параметров образов ρ_k служит градиент меры принадлежности $\nabla_{\rho} \eta_l(b_k, \rho_{k-1})$ к образу, $g(b_k, a_k)$ – функция потерь, D_k^{-1} – весовая матрица. Данный критерий оптимизации позволяет существенно ускорить процесс адаптации, особенно в случае перекрывающихся трубок траекторий, не

меня по существу режим распознавания, в котором главным критерием остаётся $MAX\eta_l \equiv MAX\tilde{P}_l$. Важной новой составляющей процесса адаптации является формирование «следов» текущей траектории – результатов коррекции параметров существующих образов. Это позволяет путем определения меры принадлежности опорной траектории к «следу» и последующего определения градиента меры её принадлежности к опорному и скорректированному образам принять одно из решений: – текущая траектория принадлежит трубке (образу) A_l , а ее след A_l' является скорректированным опорным образом A_l ; – «след» текущей траектории является прообразом и в дальнейшем служит основой для формирования новой трубки траекторий (нового образа).

Следствием взаимного перекрытия трубок траекторий (образов) является изменение уровня (меры) информативности векторов сообщений. Кроме того, в процессе динамических наблюдений меры информативности элементарных компонентов поля, а соответственно и описывающих эти компоненты векторов сообщений, непрерывно изменяются за счет процесса усиления одних и ослабления других компонентов. В качестве оптимального правила оценки значений мер информативности векторов сообщений, адекватного многокомпонентному характеру реализаций поля и учитывающего существование некоторого закона информативной связи между значениями парциального сообщения $b_j \equiv \{\beta_j^k\}$ в различные моменты времени, можно использовать определение апостериорной плотности вероятности математического ожидания переменной идентификации \bar{e}_{jl}^k в k -й момент времени при условии, что известны аналогичные оценки и значения сообщения β_j во всех предыдущих тактах

$$\hat{\mu}_{jl}^k \equiv \tilde{P}(\bar{e}_{jl}^k) = P(\bar{e}_{jl}^k / \bar{e}_{jl}^{k-1}, \dots, \bar{e}_{jl}^{k-l}; \beta_j^1, \dots, \beta_j^k). \quad (3)$$

Вводя марковскую аппроксимацию на последовательное изменение меры информативности сообщения от одного момента времени до другого, получим взаимосвязанную пару рекуррентных соотношений, позволяющую находить оценки мер информативности как в данный момент времени, так и в следующий:

$$\tilde{P}(\bar{e}_{jl}^k) = \frac{P(\bar{e}_{jl}^k)P(\bar{e}_{jl}^k / \beta_j^k)}{\int_B P(\bar{e}_{jl}^k)P(\bar{e}_{jl}^k / \beta_{jl}^k) d\beta}, \quad (4)$$

где $P(\bar{e}_{jl}^k) = \int_E \tilde{P}(\bar{e}_{jl}^{k-1})P(\bar{e}_{jl}^k / \bar{e}_{jl}^{k-1}) de. \quad (5)$

Соотношения (4) и (5) обеспечивают возможность построения стохастических образов мер информативности каждого из элементарных компонентов и соответствующих им векторов сообщений. Определение функции правдоподобия $P(\bar{e}_{jl}^k / \beta_j^k)$ осуществлялось исходя из того, что её вид должен соответствовать наилучшему виду функции распределения для каждого из сообщений (диагностических параметров), т.е. виду, приводящему к образованию зон взаимного перекрытия между трубками, к размытию границ между ними (рис. 1). Аппроксимация потока векторов сообщений марковским процессом определяет вид стохастического образа динамики этого потока. Наличие этого образа полностью раскрывает механизм селекции сообщений, что обеспечивает устойчивость режимов обработки информации.

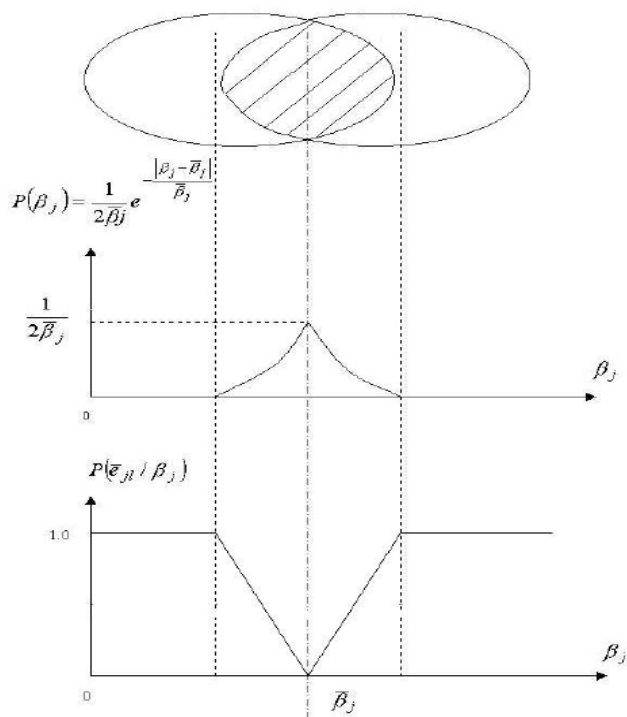


Рисунок 1 – Функции распределения и правдоподобия в зоне перекрытия

Исследование скорости сходимости (скорости адаптации) при различной степени взаимного перекрытия трубок траекторий (1-0%, 2-(2-3)%, 3-(4-7)%, 4-(8-10)%) показало, что ухудшение сходимости до некоторых пределов почти пропорционально увеличению степени перекрытия, после чего сходимость просто не достигается (кривая 4 на рис. 2).

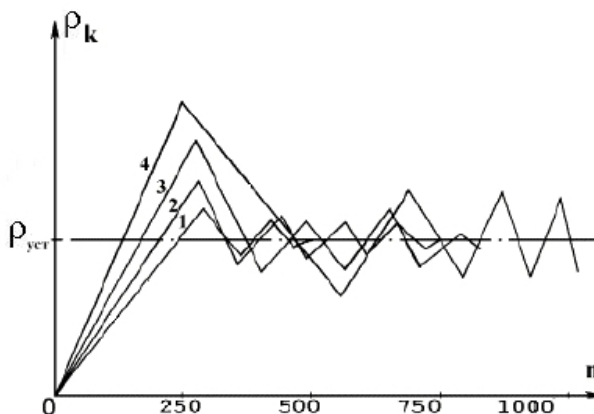


Рисунок 2 – Зависимости скорости сходимости от степени перекрытия

Использование стохастических образов мер информативности для управления адаптацией в случае перекрывающихся трубок траекторий сводится к информативному «взвешиванию» стохастического образа структуры векторов сообщений путем умножения его на $P(E_i^k)$. В таком случае

$$\nabla \eta_{k,k-1} = P(E_i^k) P_i(k) \Delta P_i(a|b)_{k,k-1}. \quad (6)$$

Тогда, с учетом влияния $P_i(k)$ и имеющего нормальное распределение $P(E_i^k)$ с $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$, дискриминаторные характеристики будут иметь вид, представленный на рис. 3.

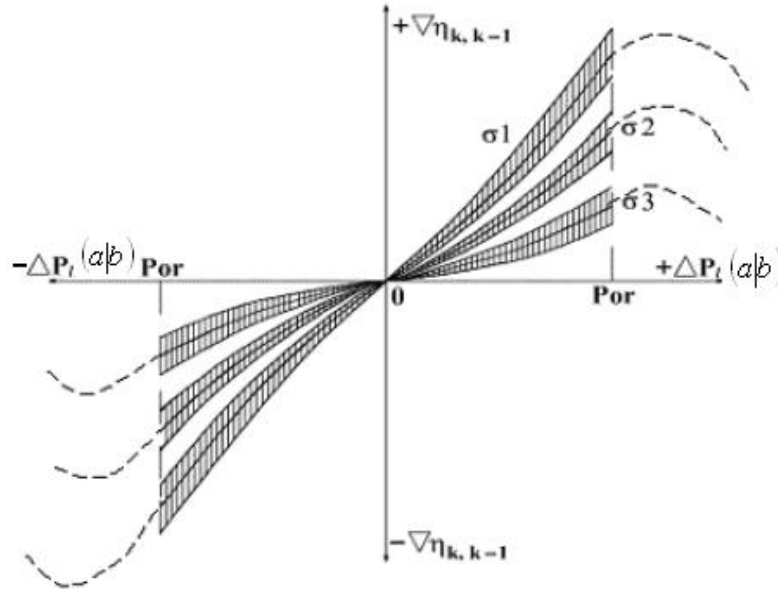


Рисунок 3 – Дискриминаторные характеристики

Введение пороговых ограничений по $\Delta P_i(a|b)$ предотвращает образование ложных следов траекторий, делающих процесс адаптации практически невозможным. Как показали результаты моделирования, учет меры информативности приводит к заметному ускорению сходимости в условиях взаимного перекрытия трубок траекторий. Проведенный анализ показал также, что для интенсивных потоков, содержащих большое число элементарных компонентов, эффективно управление, связанное с селекцией векторов сообщений по информативности.

Наличие в составе трубок неверно отнесенных к ним траекторий (погрешности адаптации) уменьшает крутизну дискриминаторной характеристики, а следовательно, снижает скорость сходимости. Вероятность ошибки распознавания (рис. 4) с учетом погрешностей адаптации определяется следующим соотношением:

$$\tilde{P}_{ош} = \frac{1}{2}(1 - |2P - 1|) + |2P - 1|P_{ош}, \quad (7)$$

где $P_{ош}$ – вероятность ошибки при отсутствии погрешности адаптации; P – вероятность отсутствия погрешностей адаптации.

Эксперименты по использованию АИРС для решения задач ранней диагностики опухолевых заболеваний молочной железы при проведении массовых профилактических обследований показали, что в результате адаптации обучающая выборка пространственно-временных тепловых полей оказалась разделенной на три существенные точки зрения конечного результата трубки траекторий (рис. 5) мер принадлежности: трубка 1 – соответствует классу нормы, 2 – мастопатии, 3 – подозрению на сложную патологию.

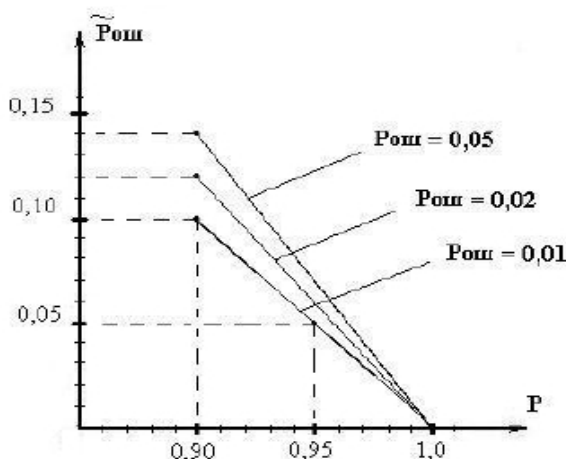


Рисунок 4 – Зависимость достоверности распознавания от погрешности адаптации

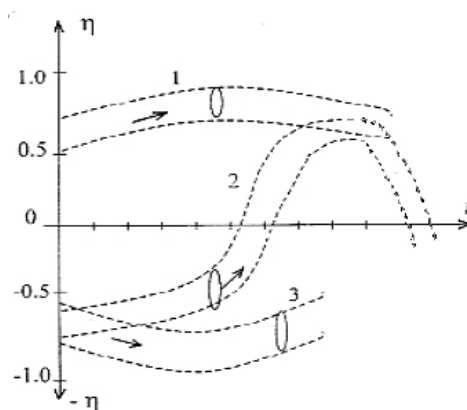


Рисунок 5 – Трубки траекторий мер принадлежности

Вместе с тем АИРС не обеспечивает возможности дифференциальной диагностики сложных заболеваний, т.е. распознавания образов, входящих в состав трубки траекторий 3. Данная задача может быть решена путем использования накопленной (постоянно пополняемой) базы знаний, устанавливающей взаимообусловленные корреляционные связи между формами проявления сложных патологий и структурой пространственно-временного поля. Для этого необходима гибридная интеллектуальная система, объединяющая принципы построения АИРС с методами представления и обработки знаний.

Принципы функционирования гибридных ИС

В качестве модели знаний ГИС может быть использована реляционная модель, в основе которой лежат теория отношений и дедуктивная логика, как основа системы продукций с выводом, исходя из заданной системы посылок. Продукционная форма используется для представления знаний в виде имплицативных отношений и связей И и ИЛИ между фактами. Продукционная форма поддерживается программно-специализированными средствами типа языка разработки систем продукций OPS-5. Носителями продукций в предлагаемой ГИС являются так называемые активные

элементы (АЭ), между которыми могут в процессе адаптации (обучения или самообучения) устанавливаться стохастические связи (каждого с каждым), обеспечивающие их информационное взаимодействие и тем самым решение конкретной задачи. В состав АЭ входят основная база знаний и ряд подсистем, предназначенных для извлечения знаний, обработки внешней и внутренней информации, формирования цели, обучения и самообучения, контроля и диагностики, диалогового общения.

В ходе функционирования всех АЭ, входящих в состав ИС, происходит постоянное взаимное информирование, представляющее собой семантическую операцию, содержащую множество взаимосвязанных процедур: генерирование, передача, прием, хранение, восприятие, понимание, принятие решения. Понимание семантической информации (SI) АЭ определяется посредством семантической операции сравнения знаковых систем (внешних моделей) с соответствующими внутренними моделями – эталонами, хранимыми в памяти АЭ, и сводится оно к формально-логическим операциям. Принятие решения – акт выбора одной из заданного количества альтернатив по установленному критерию, сводится к формально-логическим операциям и реализуется программным способом или специальным логическим блоком.

Наличие системы АЭ, априорная неопределенность БЗ, многовариантность взаимообусловленных связей определяют стохастический характер функционирования гибридных интеллектуальных систем.

Согласно [16-18] гибридная интеллектуальная система может иметь два фазовых портрета (рис. 6), характеризующих устойчивое (кривая 1) и неустойчивое (кривая 2) функционирование системы.

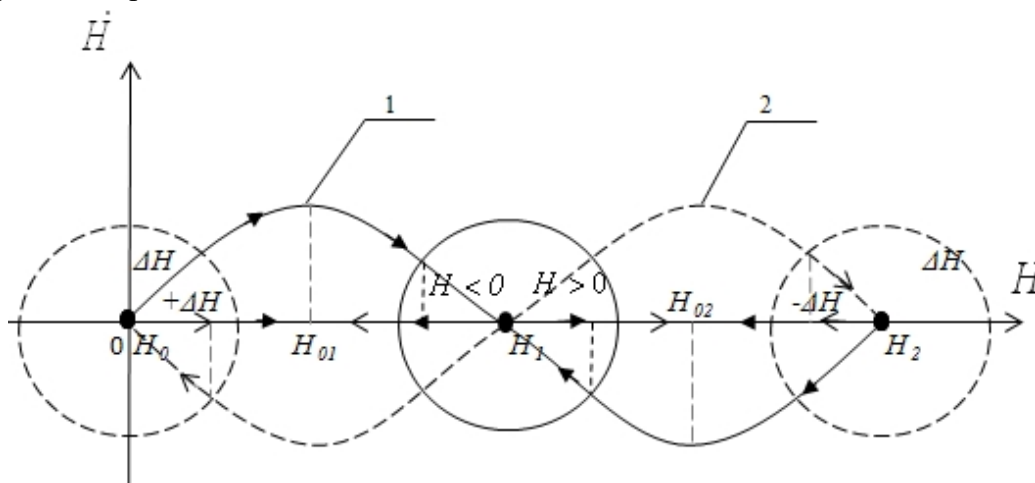


Рисунок 6 – Фазовые портреты функционирования ГИС

Согласно имитационной динамической модели, предложенной в [19], в случае устойчивого функционирования при $H_0 = 0$ система характеризуется полной определенностью, т.е. однозначно определены функции каждого АЭ и связи между ними, что в целом характерно для традиционных технических систем. При возникновении приращения информационного потока, в частности его семантического содержания, за счет реакции АЭ возникает приращение энтропии $+\Delta H$ и система переходит в режим адаптации. Согласно диаграмме устойчивого функционирования происходит «движение» от точки H_0 к H_1 , при этом на отрезке H_0H_{01} действует механизм положительной обратной связи.

В случае неустойчивого функционирования, характеризуемого фазовым портретом (кривая 2, рис. 6), при H_0 нарастание информационного потока сопровождается действием механизма отрицательной обратной связи, что приводит к возврату в исходную точку H_0 , («отказ» от решения новой задачи). При нахождении системы в точке H_2 также действует механизм отрицательной обратной связи («отказ» от решения каких-либо задач).

Выводы

В основу функционирования АИРС положен принцип структурно-стохастической аппроксимации информации пространственно-временных полей и процесса их обработки, позволяющий осуществлять формирование образов полей в процессе адаптации и их последующее распознавание при решении конкретных задач. Исследована зависимость скорости адаптации от степени взаимного перекрытия образов полей. Определена зависимость достоверности распознавания от погрешности адаптации.

Определены принципы функционирования гибридных интеллектуальных систем, сочетающих принципы структурно-стохастической аппроксимации с реляционными методами представления и обработки знаний. Установлен фазовый портрет функционирования ГИС, позволяющий определить условия устойчивого и неустойчивого функционирования.

Список литературы

1. Анцыферов С. С. Формирование спектра тепловых изображений объектов и распознавание их образов [Текст] / С. С. Анцыферов // Оптический журнал. – 1999. – Т. 66, № 12. – С. 44–48.
2. Анцыферов С. С. Формирование спектра тепловых изображений объектов и распознавание их образов [Текст] / С. С. Анцыферов // J. Opt. Technol. – 1999. – v. 66, № 12. – P. 1047–1049.
3. Анцыферов С. С. Адаптивная обработка информации пространственно-временных изотропных полей [Текст] / С. С. Анцыферов, Н. Н. Евтихийев // Оптический журнал. – 2006. – Т.3, № 10. – С. 52–57.
4. Анцыферов С. С. Метрология виртуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Измерительная техника. – 2003. – № 5. – С. 17–21.
5. Анцыферов С. С. Адаптивные системы распознавания образов пространственно-временных полей [Текст] / С. С. Анцыферов, Н. Н. Евтихийев // Искусственный интеллект. – 2004. – № 3. – С.405–416.
6. Анцыферов С. С. Адаптивная обработка информации пространственно-временных изотропных полей [Текст] / С. С. Анцыферов, Н. Н. Евтихийев // Оптический журнал. – 2006. – Т.3, № 10. – С. 52–57.
7. Анцыферов С. С. Метрология интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 18–27.
8. Анцыферов С. С. Повышение интеллектуального потенциала адаптивных информационно-распознающих систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2010. – № 4. – С. 330–336.
9. Анцыферов С. С. Общие принципы построения и закономерности функционирования интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2011. – № 3. – С. 6–15.
10. Анцыферов С. С. Вопросы метрологического обеспечения интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // Мир измерений. – 2012. – № 5. – С.46–51.
11. Анцыферов С. С. Метрологические основы формирования информационного пространства образов в интеллектуальных системах обработки [Текст] / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4(58). – С. 283–291.
12. Анцыферов С. С. Быстродействие интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Е. Русанов // Искусственный интеллект. – 2013. – № 4(62). – С. 259–265.
13. Анцыферов С. С. Стандартизация показателей качества продукции когнитивных технологий [Текст] / С. С. Анцыферов // Научные технологии. – 2014. – Т. 15, № 7. – С. 7–13.
14. Анцыферов С. С. Проблемы искусственного интеллекта [Текст] / С. С. Анцыферов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2015. – № 0(1). – С. 5–12.

15. Денисов А. А. Теоретические основы кибернетики. Информационное поле [Текст] / Денисов А. А. – Л. : ЛПИ, 1975.
16. Анцыферов С. С. Показатели неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2016. – № 2 (3). – С. 4–11.
17. Анцыферов С. С. Стандартизация показателей неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Научные технологии. – 2017. – № 5. – С. 15–20.
18. Анцыферов С. С. Определение показателей устойчивого функционирования нейроподобных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Материалы XXV Всероссийского семинара «Нейроинформатика, её приложения и анализ данных», 29 сентября. – 1 октября 2017 г., Красноярск : Институт вычислительного моделирования СО РАН, – 2017. – С. 8–13.
19. Анцыферов С. С. Имитационная динамическая модель когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2017. – № 2 (5). – С. 32–39.

References

1. Antsyferov S.S. Formirovanie spektra teplovykh izobrazhenii ob"ektov i raspoznavanie ikh obrazov [Forming the spectrum of thermal images of objects and recognize their images]. *J. Opt. Technol*, 1999, vol. 66, no. 12, pp. 44-48.
2. Antsyferov S.S. Formirovanie spektra teplovykh izobrazhenii ob"ektov i raspoznavanie ikh obrazov [Forming the spectrum of thermal images of objects and recognize their images]. *J. Opt. Technol*, 1999, vol. 66, no. 12, pp. 1047- 1049.
3. Antsyferov S.S., Evtikhiev N.N. Adaptivnaya obrabotka informatsii prostranstvenno-vremennykh izotropnykh polei [Adaptive information processing of spatiotemporal isotropic fields]. *J. Opt. Technol*, 2006, vol. 3, no. 10, pp. 52-57.
4. Antsyferov S.S. Metrologiya virtual'nykh sistem [Metrology virtual systems]. *Measurement technology*, 2003, no. 5, pp. 17-21.
5. Antsyferov S.S., Evtikhiev N.N. Adaptivnye sistemy raspoznavaniya obrazov prostranstvenno-vremennykh polei [Adaptive pattern recognition system of spatio-temporal fields], *Artificial Intelligence*, 2004, no. 3, pp. 405-416.
6. Antsyferov S.S., Evtikhiev N.N. Adaptivnaya obrabotka informatsii prostranstvenno-vremennykh izotropnykh polei [Adaptive information processing of spatiotemporal isotropic fields]. *J. Opt. Technol*, 2006, vol. 3, no. 10, pp. 52-57.
7. Antsyferov S.S. Metrology virtual systems. *Artificial Intelligence*. 2008. no. 3. pp. 18-27.
8. Antsyferov S.S. Increase of the mental potential of adaptive information-distinguishing systems. *Artificial Intelligence*. 2010. no. 4. pp. 330-336.
9. Antsyferov S.S. The general principles of construction and laws of functioning of intellectual systems. *Artificial Intelligence*. 2011. no. 3. pp. 6-15.
10. Antsyferov S.S. Questions of metrological maintenance of intelligent systems. *World of measurement*. 2012. no. 5. pp. 46-51.
11. Antsyferov S.S. Metrological basis of the information space in intelligent processing systems. *Artificial Intelligence*. 2012. no. 4 (58). pp. 283-291.
12. Antsyferov S.S., Rusanov K.E. Bystrodeistvie intellektual'nykh sistem [Processing speed of intelligent systems]. *Artificial Intelligence*, 2013, no. 4 (62), pp. 259-265.
13. Antsyferov S.S. Standartizatsiya pokazatelei kachestva produktsii kognitivnykh tekhnologii [Standardization of indicators of quality of products cognitive technologies]. *Science Intensive Technologies*, 2014, vol. 15, no. 7, pp. 7-13.
14. Antsyferov S.S. Problemy iskusstvennogo intellekta [Problems of Artificial Intelligence]. *Problems of Artificial Intelligence*, 2015, no. 0(1), pp. 5-12.
15. Denisov A.A. Teoreticheskie osnovy kibernetiki. Informacionnoe pole. L. : LPI, 1975.
16. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. E. Pokazатели neravnesnoi ustoychivosti kognitivnykh sistem [Indicators of Non-Equilibrium Stability of Cognitive Systems]. *Problems of Artificial Intelligence*, 2016, no. 2(3), pp. 4-11.
17. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. E. Standartizatsiya pokazatelei neravnesnoi ustoychivosti kognitivnykh sistem [Standardization of Non-Equilibrium Stability Indicators of Cognitive Systems]. *Science Intensive Technologies*, 2017, no. 5, pp. 15-20.

18. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. E. Determination of indicators of stable functioning of neural-like systems. *Materialy XXV Vserossijskogo seminara «Nejroinformatika, ego prilozheniya i analiz dannyh»*, 29 sentyabrya – 1 oktyabrya 2017 g., Krasnoyarsk: Institut vychislitel'nogo modelirovaniya SO RAN. 2017. pp. 8-13.
19. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. E. Simulated dynamic model of cognitive systems. *Problems of Artificial Intelligence*. 2017. no.2 (5). pp. 32-39.

RESUME

S. S. Antsyferov, K. N. Fazilova, K. E. Rusanov

CHARACTERISTICS AND FUNCTIONING PRINCIPLES OF INTELLIGENCE INFORMATION PROCESSING SYSTEMS OF SPATI-TEMPORAL FIELDS

Background: at present, specialists of the most diverse profile pay great attention to the problem of creating intelligent systems, i.e. systems that process information at the level of its «understanding» with a wide use of knowledge base. Relevance of this problem is caused both by growing information complexity of phenomena and processes being investigated, and by increasing intensity of information flows being processed in a number of cases. Increase in the requirements for accuracy (reliability) of processing results only increases relevance of this problem.

Materials and methods: methodology of structural-stochastic approximation of processing information of spatio-temporal fields is used in the article, as well as the relational model as a knowledge model of hybrid intellectual systems.

Results: principle of structurally stochastic approximation of spatio-temporal fields information and process of their processing is used as the basis for constructing and functioning of AIRS, allowing formation of field images in the process of adaptation and their subsequent recognition in solving specific problems. Dependence of adaptation rate on degree of mutual overlapping of the field images is investigated. Hybrid intellectual systems constructing principles that combine principles of structural-stochastic approximation with methods of knowledge processing representation are determined. IS functioning phase portraits are established, which makes it possible to determine stable and unstable functioning.

Статья поступила в редакцию 05.10.2017.