

## TECHNICAL SCIENCES

### DESIGNING A COLLECTIVE AGENT FOR SYNTHESIS OF ADAPTIVE DECISION-MAKING SYSTEMS

*Ababii V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Sudacevschi V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Safonov G.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНОГО АГЕНТА ДЛЯ СИНТЕЗА АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Абабий В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Судачевски В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Сафонов Г.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

#### ABSTRACT

In this paper, are presented the results of a collective agent for the syntheses of adaptive decision-making systems designing. In the design process have been developed functional model of the agent and a process for converting data, information and knowledge in order to achieve the optimum value of the environment. The adaptability of the decision-making system is achieved through the calculation of a new model of knowledge as a result of an analysis of the state of the environment and the old model.

#### АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты проектирования коллективного агента для синтеза адаптивных систем принятия решений. В процессе проектирования были разработаны функциональная модель агента и последовательность операций для преобразования данных, информации и знаний для достижения оптимального значения состояния окружающей среды. Адаптивность системы принятия решений достигается за счет вычисления новой модели знаний в результате анализа состояния окружающей среды и старой модели знаний.

**Keywords:** multi-agent systems, collective agents, knowledge model, decision making, adaptive systems, adaptive agent model.

**Ключевые слова:** много-агентные системы, коллективные агенты, модель знаний, принятие решений, адаптивные системы, модель адаптивного агента.

#### Введение

Много-агентная система представляют собой множество однородных или неоднородных взаимодействующих интеллектуальных агентов. Такие системы использоваться для решения сложных задач, которые трудно или невозможно решить отдельному агенту или централизованной системой. Много-агентные системы - это класс открытых систем, с динамически развивающейся топологией сети, внутренней архитектурой и интеллектуальными способностями. Требования, предъявляемые к Много-агентным системам, рассмотрены в работах [1, 2, 3], где изложены основные теоретические, алгоритмические и технические особенности.

Независимо от области применения и класса выполняемых задач, интеллектуальные агенты должны обладать следующими свойствами [4]: автономностью, социальным поведением,

реактивностью, активностью, базовыми знаниями, убеждениями, целями, желаниями, обязательствами, намерениями, рациональностью, правдивостью, благожелательностью и мобильностью.

Как отмечается в работе [4] современные Много-агентные системы формируют единую вычислительную архитектуру с динамической топологией. Результатом взаимодействия агентов является не просто сумма их составляющих технических и программных средств, это единая система с прогрессирующими знаниями. Сегодня Много-агентные системы рассматриваются уже не только как принципиально новая информационная технология, сформированная на базе слияния информационных и телекоммуникационных технологий, но и как новая парадигма проектирования программных и технических средств.

Коллективное поведение и коллективное принятие решений является основным условием функционирования Много-агентных систем. Один из способов коллективного принятия решений является обмен данными или знаниями между агентами [5, 7]. Другой способ заключается в использовании мобильного программного кода, который перемещается с одного агента на другой, решая часть глобальной задачи на базе технических средств данного агента [6, 7]. Оба варианта имеют свои преимущества и недостатки, которые могут быть скомпенсированы добавлением специальных технических или программных средств.

#### Постановка задачи

Предположим, что в  $N$  - мерном пространстве *Environment* (Рисунок 1) задана система коллективного принятия решений *CA*, состоящая из  $N$  агентов. Пространство *Environment* генерирует вектор

$X = \{x_i, \forall i = \overline{1, N}\}$  состояния окружающей среды.

Целью данной работы является проектирование коллективного агента, для синтеза адаптивных систем принятия решений, которые реализуют следующее условие:

$$X \xrightarrow[X \rightarrow \min/\max]{CA} Y, \quad (1)$$

где:  $X$  - вектор состояния окружающей среды;  $Y = \{y_i, \forall i = \overline{1, N}\}$  - вектор воздействия на окружающую среду; *CA* - Много-агентная система, обладающая начальными знаниями для восприятия, обработке и воздействия на окружающую среду, и вычисления новых знаний;  $X \rightarrow \min/\max$  - цель, достигаемая при воздействии на окружающую среду.

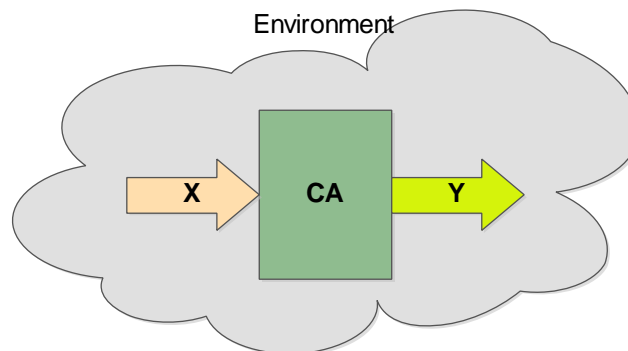


Рисунок 1. Взаимодействие системы коллективных агентов с окружающей средой.

#### Функциональная модель коллективного агента

Функциональная модель коллективного агента представлена на Рисунке 2, где:  $X$  - входной сигнал состояния окружающей среды; *ADC* - аналого-цифровой преобразователь; *RgD* - регистр входных данных состояния окружающей среды; *RAM Inf* - оперативная память содержащая информацию о состоянии окружающей среды; *WiFi* - радиочастотный модуль для обмена данными с другими агентами; *An* - антенна радиочастотного модуля; *Pr* - блок цифровой обработки данных

(процессор); *ROM Instr* - постоянная память программного кода; *RAM Knowledge* - оперативная память моделей знаний; *Rg Act* - регистр для хранения кода для воздействия на окружающую среду;  $Y$  - выходной сигнал для воздействия на окружающую среду; *D* - потоки данных; *I* - потоки информации; *C* - потоки сигналов синхронизации; *P* - поток программного кода; *K[T-1]* - модели знаний используемые для преобразования данных и информации; *K[T]* - новые модели знаний, полученные в результате анализа информации и старых моделей знаний.

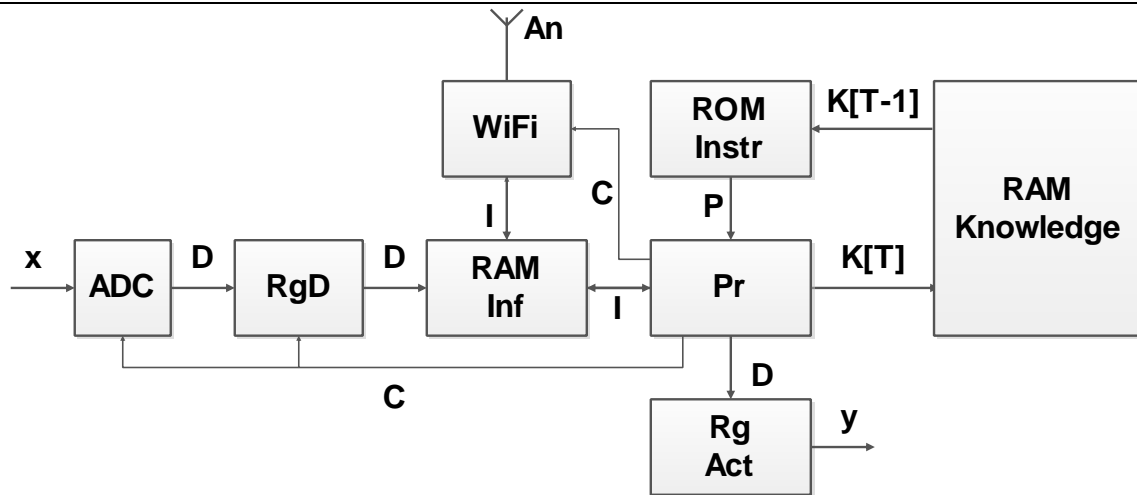


Рисунок 2. Функциональная модель коллективного агента.

Процесс преобразования агентом данных, информации и адаптации модели знаний к окружающей среде представлен на Рисунке 3, где:  $x$  - состояние окружающей среды;  $S$  - датчик;  $S/D$  - процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой код; **Data** - цифровой код (Данные);  $D/I$  - процесс преобразования данных в информацию описывающую состояние окружающей среды; **Information** - информация описывающая

состояние окружающей среды;  $I/K$  - процесс преобразования информации в знания;  $I/D$  - процесс преобразования информации в решения; **Decision** - принятые решения;  $A$  - воздействие на окружающую среду; **Knowledge**[ $T-1$ ] - модели знаний используемые для преобразования данных и информации; **Knowledge**[ $T$ ] - новые модели знаний, полученные в результате анализа информации и старых моделей знаний;  $\Delta T$  - время запаздывания новых моделей знаний.

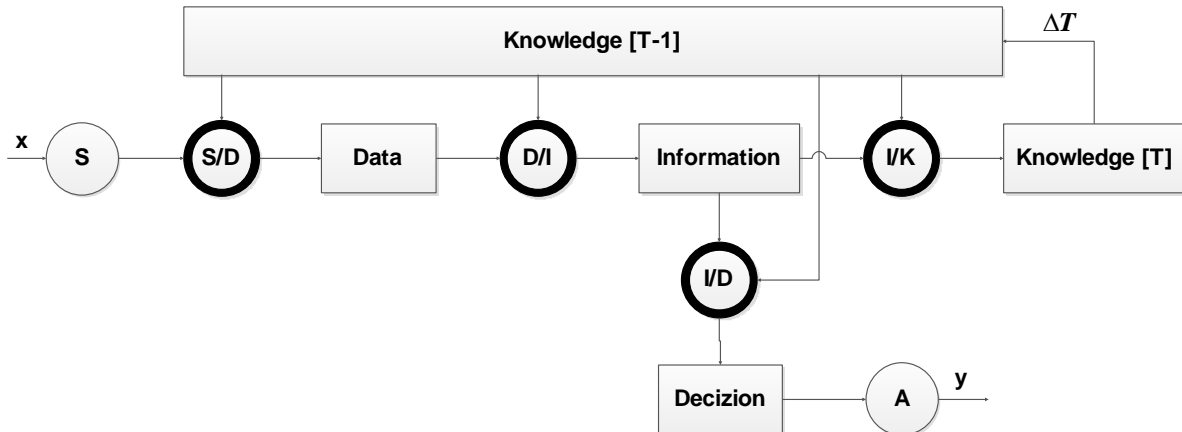


Рисунок 3. Процесс преобразования агентом данных и информации.

#### Процесс взаимодействия агентов

Процесс взаимодействия агентов представлен в виде диаграммы последовательности на Рисунке 4.

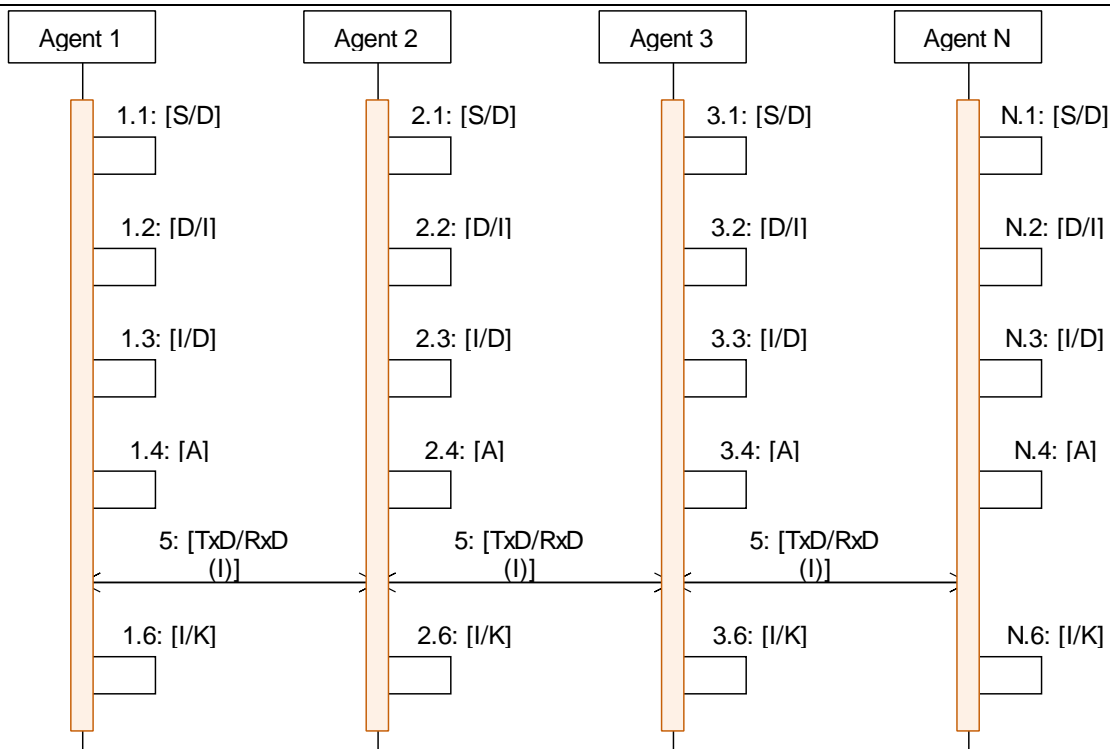


Рисунок 4. Процесс взаимодействия агентов.

Диаграмма последовательности содержит множество параллельно функционирующих и взаимодействующих между собой агентов  $Agent\ i, \forall i = \overline{1, N}$ , каждый из них выполняет последовательность операций:  $i.1: [S/D]$  - аналого-цифровое преобразование входного сигнала  $x$ ;  $i.2: [D/I]$  - преобразование данных в информацию;  $i.3: [I/D]$  - принятие решения;  $i.4: [A]$  - воздействие на окружающую среду;  $5: [TxD/RxD(I)]$  - обмен информацией между агентами;  $i.6: [I/K]$  - вычисление новой модели знаний для следующего цикла вычислений.

**Пример реализации адаптивной системы принятия решений**

Для функционального тестирования Много-

агентной адаптивной системы принятия решений был выбран модуль NodeMCU [8] реализованный на базе устройства ESP8266-12E [9], которое обеспечивает следующие технические характеристики: 32-bit RISC CPU (Tensilica Xtensa LX106 running at 80 MHz); 64 KB of instruction RAM (IRAM); 96 KB of data RAM (DRAM); IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi; Integrated TCP/IP protocol stack; 16 GPIO pins; и 10-bit ADC.

На Рисунке 5 представлена структура Много-агентной адаптивной системы принятия решений, которая состоит из  $N$  агентов ( $Agent\ i, \forall i = \overline{1, N}$ ), формирующие между собой сеть Mesh ( $Mesh\ NW$ ). Каждый агент содержит:  $MCU$  - модуль NodeMCU;  $S$  - датчик восприятия окружающей среды;  $Actuator$  - устройство для воздействия на среду.

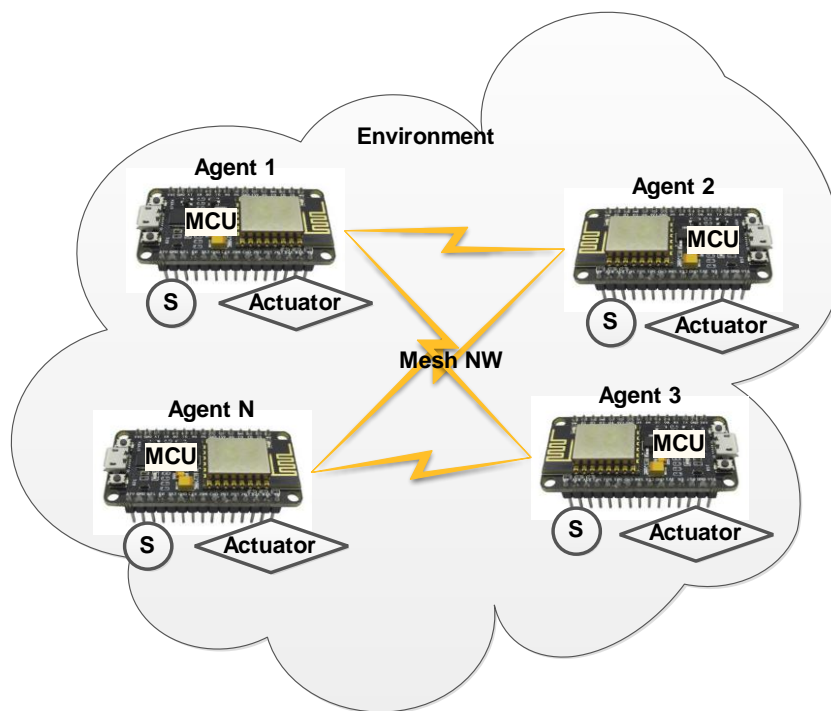


Рисунок 5. Пример реализации Много-агентной системы.

Выбор NodeMCU (ESP8266-12E) модулей [8, 9] для функционального тестирования Много-агентной адаптивной системы принятия решений обоснован тремя условиями: минимальная масса и потребляемая мощность, технические характеристики соответствующие функциональной модели коллективного агента (Рисунок 2) и поддержка обмена данными в сети Wi-Fi.

#### Выводы и предложения

В результате проектирования коллективного агента для синтеза адаптивных систем принятия решений были разработаны функциональная модель агента и процесс преобразования данных, информации и знания для достижения оптимального значения состояния окружающей среды. Новая модель знаний вычисляется в результате анализа состояния окружающей среды и старой модели знаний. Процесс взаимодействия агентов представлен в виде диаграммы последовательности. Для функционального тестирования взаимодействия коллективных агентов была реализована вычислительная сеть с топологией Mesh на базе NodeMCU (ESP8266-12E) модулей.

Дальнейшие исследования предусматривают моделирование поведения Много-агентной системы для выявления конфликтов при параллельной обработке данных и реализация модели коллективного агента на базе ПЛИС.

#### Список использованной литературы:

1. Lorena Rodriguez, Emilio Insfran and Luca Cernuzzi (2011). *Requirements Modeling for Multi-Agent Systems*, Multi-Agent Systems - Modeling, Control, Programming, Simulations and Applications, Dr. Faisal Alkhateeb (Ed.), InTech, DOI:

10.5772/14776. (Доступен на: <https://www.intechopen.com/books/multi-agent-systems-modeling-control-programming-simulations-and-applications/requirements-modeling-for-multi-agent-systems>).

2. María Guijarro, Rubén Fuentes-Fernández and Gonzalo Pajares (2011). *A Multi-Agent System Architecture for Sensor Networks*, Multi-Agent Systems - Modeling, Control, Programming, Simulations and Applications, Dr. Faisal Alkhateeb (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/14309. (Доступен на: <https://www.intechopen.com/books/multi-agent-systems-modeling-control-programming-simulations-and-applications/a-multi-agent-system-architecture-for-sensor-networks>).

3. Yoav, Shoham; Kevin, Leyton-Brown. *Multiagent systems*. Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Published by Cambridge University Press. Revision 1.1, 2010. 532 p. (Доступен на: <http://www.masfoundations.org>).

4. Чекинов, Г.П.; Чекинов, С.Г. Применение технологии многоагентных систем для интеллектуальной поддержки принятия решения. Сетевой электронный научный журнал "СИСТЕМОТЕХНИКА", № 1, 2003 г. (Доступен на: <http://systech.miem.edu.ru/2003/n1/Chekinov.htm>).

5. ПОДУБНЫЙ, М.; САФОНОВ Г.; НЕГАРЭ, Е.; МОРОШАН И.; БОРДИАН Д.; АБАБИЙ В. Система коллективного принятия решений для управления мобильными роботами. // Ежемесячный научный журнал "Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)", 2016, № 6-2 (27), ISSN 2411-6467, С. 5-8.

6. АБАБИЙ, В. В., СУДАЧЕВСКИ, В.М., САФОНОВ Г.И., ПОДУБНЫЙ, М.В. Многоагентная вычислительная система на базе

мобильного программного кода вычислительного процесса. Альманах современной науки и образования, г. Тамбов: Грамота, 2016, № 9 (111), ISSN 1993-5552, pp. 10-14.

7.SAFONOV Gh., ABABII V., SUDACEVSCHI V. Analysis of distributed computing architectures for

synthesis of multi-agent systems. European Applied Sciences Journal, № 9 2016 (September), ISSN 2195-2183, pp. 34-37.

8. [http://nodemcu.com/index\\_en.html](http://nodemcu.com/index_en.html).

9. ESP8266 Datasheet. (Доступен на: <http://espressif.com/sites/default/files/>).

## SYNTHESIS OF PARALLEL DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ANALYSING OF MULTIDIMENSIONAL SIGNALS

*Ababii V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Sudacevschi V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Calugari D.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

*Абабий В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Судачевски В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Калугарь Д.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

### ABSTRACT

In this paper, we present the results of the synthesis of a system for parallel data acquisition for the analysis of multidimensional signals. As a result of the design, a structural and functional diagram was obtained, a time diagram containing a sequence of signal conversion and synchronization.

### АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты синтеза системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов. В результате проектирования были получены структурная и функциональная схема, и временная диаграмма содержащая последовательность преобразования сигналов и синхронизации.

**Keywords:** multidimensional processes, multidimensional signals, data acquisition, temporal synchronization, temporal interpolation.

**Ключевые слова:** многомерные процессы, многомерные сигналы, сбор данных, временная синхронизация, временная интерполяция.

### Введение

Окружающий нас мир можно представить в виде многомерного процесса, где любое измерение рассматривается в многомерной системе координат или многосвязных параметров (сигналов). Наиболее распространенные области науки, в которых исследуются многомерные процессы или многосвязные параметры (сигналы), это биология, экономика и социология. Классическим примером исследования многомерных сигналов представляет процесс ввода, обработки и хранения сигналов головного мозга [1, 2], где рассматриваются многоканальный способ параллельного ввода и обработки многомерных сигналов.

В работе [3] изложены необходимость, основные методы и модели цифровой обработке многомерных сигналов, такие как: теория цифровой

фильтрации, дискретное Фурье и  $z$  - преобразование, двумерные рекурсивные и не-рекурсивные дискретные фильтры.

Также, основные методы предварительной обработке, мультиплексирование аналоговых сигналов, методы измерения электрических и неэлектрических параметров, методы изоляции и согласования сигналов, и аналого-цифровое преобразование многомерных сигналов рассмотрены в работе [4].

Основной задачей при вводе и обработке многомерных сигналов является пространственная и временная синхронизация. Данные задачи рассмотрены в работах [2, 5, 6], где авторы концентрируются на обработку сигналов ЭЭГ человека, которые могут служить в качестве прототипа для исследования других многомерных процессов.