

## Алгоритм работы информационного агента в распределенной вычислительной системе и его модель на базе нечетких E-сетей

Е. В. Дуравкин, Амер Таксин Каламех Абу Джаккар

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Украина*

In the article questions of the program intellectual agent model designs by means of fuzzy E-nets were considered. The structure of the node of the distributed computer system which used soft agents was suggested. The algorithms of the agents for data searching and information base analysis which used elements of artificial intelligence were designed. The described agent models were designed by means of fuzzy E-nets. The methods of the performance evaluation of the designed algorithms on models were showed.

**1. Постановка проблемы.** При разработке распределенных программных систем зачастую модули, выполняющие управленческие функции, реализуют в виде агентов. Основной задачей таких агентов является повышение эффективности управления ресурсами системы, частью которой они являются, путем введения элементов интеллектуального управления в соответствующие алгоритмы. Примерами таких ресурсов могут быть не только информация, но и пропускная способность, память, процессорное время [1]. В настоящее время уделяется большое внимание разработке систем такого класса, однако недостаточное внимание уделяется вопросам совершенствования средств исследования и анализа данных систем. Такое положение дел приводит к тому, разработчики систем, построенных на базе передовых технологий искусственного интеллекта не имеют в своем распоряжении средств для оценки их эффективности на этапах проектирования и отладки, что отрицательно сказывается на их качестве и сроках внедрения.

**2. Анализ публикаций.** Зачастую для анализа работы интеллектуальных агентов используются традиционные средства имитационного моделирования (автоматы, цепи Маркова, агрегатные схемы) [2,3], в более простых случаях такие системы пытаются описать аналитическими выражениями [4]. Использование данного подхода зачастую приводит к тому, что исследователи получают неверные результаты в следствии ограниченности выбранного средства анализа. Получение неверных результатов в первую очередь связано с тем, что используемые средства не в состоянии учесть основные особенности предметной области, такие как наличие нескольких управляющих и информационных потоков, распределенная система управления, наличие в управляющих алгоритмах элементов искусственного интеллекта.

Как было показано в [3,5] сети Петри и их расширения в значительной мере избавлены от указанных недостатков, а описанное в [6] расширение E-сетей, так же позволяет учесть наличие элементов искусственного интеллекта.

**3. Постановка задачи.** В качестве примера, на котором показаны возможности нечетких E-сетей при разработке моделей в данной предметной области, будет рассмотрена распределенная вычислительная система, структурная схема элемента (узла) которой представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема узла распределенной вычислительной системы

Рассматриваемая система состоит из равноправных узлов, задача которых заключается в обработке данных, в соответствии с алгоритмами вычислительного модуля. В каждом вычислительном модуле могут быть реализованы различные алгоритмы, которые будут требовать данные независимо друг от друга. Для обеспечения потребностей вычислительного модуля в данных в каждом узле предусмотрены программные агенты, осуществляющие поиск необходимой информации на других узлах системы и анализирующие информацию, находящуюся на собственном узле для удовлетворения запросов других узлов. Функции взаимодействия узлов между собой реализованы посредством модуля связи. В некоторых случаях данный модуль так же может состоять из соответствующих программных агентов, однако данные вопросы не являются материалом настоящей статьи.

**4. Основная часть.** Для начала более подробно рассмотрим алгоритмы работы введенных программных агентов. Задачей агента поиска данных является обеспечение потребностей вычислительного модуля в необходимых данных. В случае, когда для продолжения дальнейших расчетов вычислительному модулю недостаточно данных, находящихся в собственной информационной базе он формирует запрос к агенту поиска данных. В запросе вычислительный модуль должен отразить признаки необходимых ему данных (в данном случае все данные в системе должны быть представлены в виде объектов, содержащих как переменные, так и методы работы с ними). На основании полученного запроса агент поиска данных формирует запрос на поиск данных в системе. После чего передает его модулю связи. По результатам запроса могут быть получены либо положительные, либо отрицательные ответы. В случае получения положительного ответа необходимые данные передаются вычислительному модулю. В случае получения отрицательных ответов от всех узлов системы, агент поиска данных запрашивает дополнительную информацию у вычислительного модуля о данных (например, в ходе работы каких функций

они могут быть получены). С помощью дополнительной информации данных агент поиска формирует новый, расширенный запрос. По результатам такого запроса либо определяется узел – источник необходимых данных и ему высылается заявка на их отправку текущему узлу после генерации, либо принимается решение о том, что вычислительному модулю текущего узла необходимо самому производить их вычисление. Особенностью последнего этапа является то, что по дополнительному запросу несколько узлов системы могут дать положительный ответ. Данная ситуация может возникнуть в силу недостаточно полной информации в расширенном запросе, либо в связи со схожестью работы различных вычислительных функций выполняемых в текущий момент времени на разных узлах. Следовательно, при получении нескольких положительных ответов агент поиска данных должен определить наиболее вероятного генератора искомых данных. Выбор узла – наиболее вероятного генератора искомых данных может быть основан на максимальном совпадении информации содержащейся в запросе, и информации, полученной от вычислительного модуля. Структурная схема алгоритма работы агента поиска данных приведена на рис. 2.

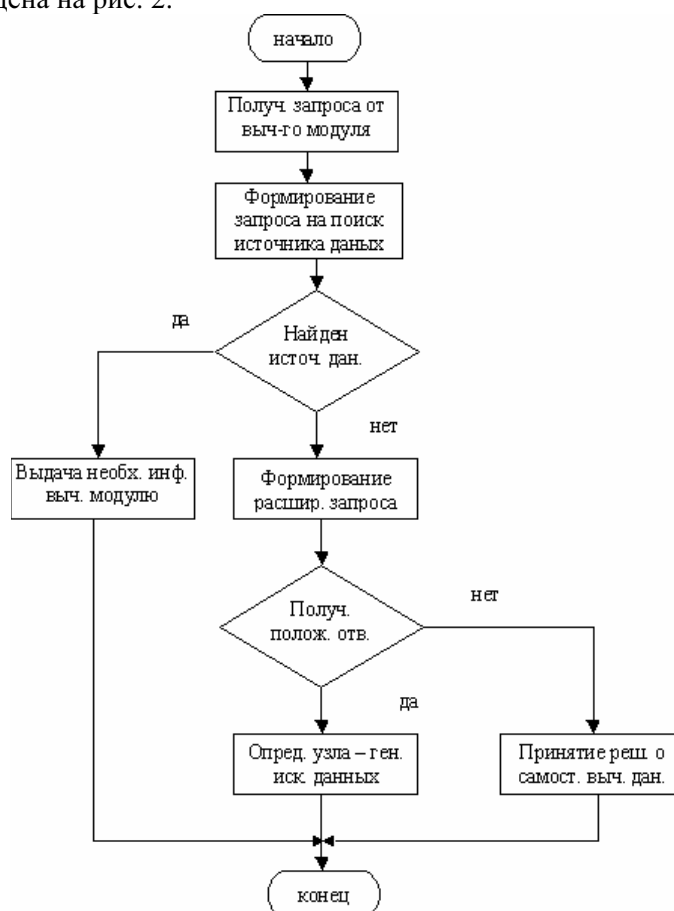


Рис. 2. Структурная схема работы агента поиска данных

Как уже упоминалось, для обработки запросов поступающих от агентов поиска данных на каждом узле реализованы агенты анализа информационной

базы. Задачей агентов является определение наличия необходимых данных, согласно полученного запроса и их отправки запрашивающему узлу. Для решения данной задачи предлагается следующий алгоритм работы агента. Агент может получить запросы двух типов: обычный и расширенный. При получении обычного запроса агент производит поиск необходимых данных в информационной базе своего узла. Поиск производится по информации, содержащейся в запросе (имя или описание объекта). В случае удачного поиска агент высылает требуемые данные узлу – получателю, в обратном случае – отрицательный ответ. При получении расширенного запроса агент производит поиск не только в информационной базе своего узла, но так же посылает запрос вычислительному модулю на предмет вычисляемых данных и работающих функций в настоящий момент времени. После обработки информации, полученной от вычислительного модуля и состояния информационной базы, агент анализа принимает решение, является ли его узел – узлом-генератором искомых данных или нет. И отправляет соответствующий ответ запрашивающему узлу. Принятие решения в данном случае может быть основано на анализе текущего состояния информационной базы, выполняемых в текущий момент времени функций вычислительного модуля используемых данных и т. п. Структурная схема алгоритма работы агента анализа информационной базы представлена на рис. 3.

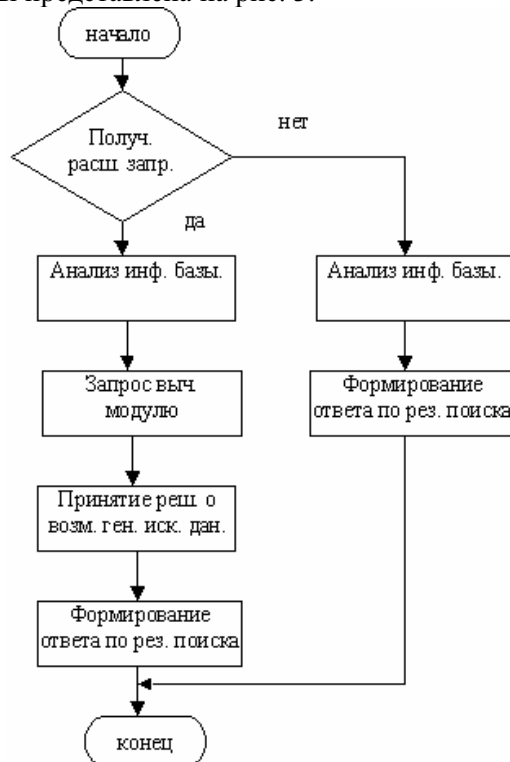


Рис. 3. Структурная схема алгоритма работы агента анализа информационной базы

Основной задачей разработанных алгоритмов является обеспечение максимального значения показателя эффективности системы подготовки данных для вычислений. В качестве такого показателя эффективности может выступать некая функция  $f$  которая связывает между собой такие характеристики работы как время поиска данных, полнота доставленных данных и загруженность системы связи. В качестве характеристики полноты доставленных данных можно использовать соотношение:

$$K_{инф} = \frac{V_p}{V_{тр}}, \quad (1)$$

где  $V_p$  – реальный объем используемых данных из всех доставленных;  
 $V_{тр}$  – объем данных, который необходим для работы текущей функции.

Оценить загруженность системы связи можно используя коэффициент

$$K_{св} = \frac{I_з}{I_{общ}}, \quad (2)$$

показывающий соотношение служебного трафика в системе по поиску текущих данных ( $I_з$ ) и общего трафика системы ( $I_{общ}$ ).

Временные параметры можно оценивать как отношения времени поиска данных ( $t_n$ ) ко времени работы соответствующей функции ( $t_f$ ):

$$K_{вр} = \frac{t_n}{t_f}. \quad (3)$$

Общий вид функции эффективности должен определяться особенностями исследуемой системы и относительной ценностью учитываемых параметров. Так в простейшем случае он может быть линейным, вида:

$$f = \alpha k_{инф} + \beta k_{св} + \gamma k_{вр}, \quad (4)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - коэффициенты, учитывающие относительную ценность каждого параметра. Для более точного учета влияния указанных параметров на эффективность работы информационных агентов возможно использование функций более сложного вида.

Для анализа эффективности работы распределенной вычислительной системы, использующей описанные алгоритмы работы программных агентов наиболее целесообразно составить ее модель. Как уже упоминалось, для этой цели предлагается использовать нечеткие Е-сети.

Формально Е-сеть задается как двудольный ориентированный граф, описываемый множеством  $E = (P, H, L, D, A, M_0)$ , где  $P$  – конечное множество мест, включающее подмножества  $B$  и  $R$ , ( $B$  – конечное множество периферийных мест,  $R$  – конечное множество решающих мест);  $H$  – конечное множество переходов, включающее множества  $T, F, J, X, Y$ ;  $L$  – прямая функция инцидентности;  $D$  – обратная функция инцидентности;  $A$  – конечное множество характеристик переходов, включающее  $a = (\tau(a_i), q)$ , ( $\tau(a_i)$  – время срабатывания перехода,  $q$  – процедура перехода);  $M_0$  – начальная разметка сети.

При разработке моделей с использованием аппарата Е-сетей ситуации принятия решения и выбора моделируются с помощью управляемых МХ и МУ – переходов. Процесс перехода в одно из возможных состояний описывается

предикатом перехода. Наиболее часто предикаты управляемых переходов имеют либо вероятностную функцию срабатывания, либо функцию, зависящую от состояния вектора атрибутов метки, других мест сети или внешних воздействий.

В случае разработки моделей систем использующих элементы интеллектуального управления предложено дополнить возможности описания предикатов управляемых переходов [6]. Используя введенные дополнения в аппарат Е-сетей модель работы информационных агентов рассматриваемой системы может быть представлена в следующем виде. Граф Е-сети, моделирующей работу агента поиска данных представлен на рис. 4.

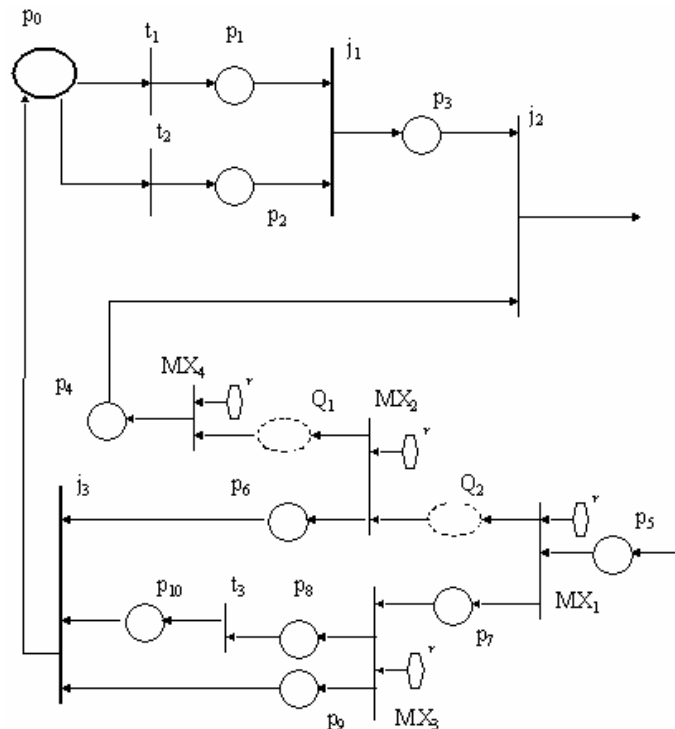


Рис. 4 Граф Е-сети, моделирующей работу агента поиска данных

Элементы разработанной Е-сети соответствуют следующим состояниям и функциям агента. Места:  $p_0$  – макро-место, моделирующее работу вычислительного модуля с агентом поиска данных, в данном макро-месте формируется вектор атрибутов метки, содержащий информацию о искомым данных;  $p_1$  – получена информация от вычислительного модуля для формирования обычного запроса;  $p_2$  – получена информация от вычислительного модуля для формирования расширенного запроса;  $p_3$  – запрос готов для передачи модулю связи;  $p_4$  – отправить заявку на доставку данных выбранному узлу;  $p_5$  – получен ответ на запрос;  $p_6$  – принято решение о необходимости самостоятельно формировать необходимые данные;  $p_7$  – получен ответ на обычный запрос;  $p_8$  – необходимо формирование расширенного запроса;  $p_9$  – получен положительный ответ от одного из узлов системы;  $p_{10}$  –

запрос вычислительному модулю на выдачу информации для формирования дополнительного запроса.

Макро-места очереди:  $Q_1$  – хранит метки с положительными ответами на расширенный запрос;  $Q_2$  – содержит метки с ответами на расширенный запрос. Переходы:  $t_1$  – получение информации от вычислительного модуля для формирования обычного запроса;  $t_2$  – получение информации от вычислительного модуля для формирования расширенного запроса;  $t_3$  – формирование запроса вычислительному модулю на дополнительную информацию.  $j_1$  – формирование запроса на поиск данных;  $j_2$  – передача запроса модулю связи;  $j_3$  – передача информации вычислительному модулю по результатам поиска данных.  $MX_1$  – определение на какой из запросов получен ответ;  $MX_2$  – анализ ответов на расширенный запрос;  $MX_3$  – анализ ответов на обычный запрос;  $MX_4$  – выбор наиболее вероятного узла – генератора искомых данных. Предикаты управляемых переходов определяются следующим образом:  $r_1$  – выбор места в которое будет передана метка определяется значением вектора атрибутов метки различающим ответ на обычный запрос и расширенный запрос;  $r_2$  – в случае если в макро-месте очереди  $Q_2$  у всех меток вектора атрибутов содержат элементы, соответствующие отрицательному ответу, после получения меток от всех узлов одна метка передается в место  $p_8$ , что соответствует необходимости самостоятельно генерировать искомые данные;  $r_3$  – если от всех узлов системы получены отрицательные ответы, то метка передается в место  $p_8$ ;  $r_4$  – по анализу векторов атрибутов меток, находящихся в макро-месте очереди  $Q_1$  определяется номер узла – наиболее вероятного генератора искомых данных и ему передается заявка на их доставку, остальные метки сбрасываются. При определении предикатов управляемых переходов наибольшие трудности возникают в случае перехода  $MX_4$ . В данном случае сложность вызывают моделирование процедур определения наиболее вероятного узла – генератора необходимых данных. Для этого при формировании ответов на расширенный запрос, агент анализа информационной базы в векторе атрибутов метки должен установить соответствующее значение заданного поля, а так же в случае необходимости, значения дополнительных полей (в общем случае полей, характеризующих вероятность генерации искомых данных, может быть несколько). В данном случае считается наиболее целесообразным использовать аппарат нечетких множеств, с помощью которых и будет определен предикат соответствующего перехода. Для этой цели должна быть задана некоторая функция предпочтения, значение которой будет определять наиболее предполагаемый узел генератор искомых данных. Конкретный вид функции предпочтения должен определяться используемыми критериями в исследуемой системе.

Граф E-сети, моделирующей работу агента анализа информационной базы представлен на рис. 5.

Элементы приведенного графа соответствуют следующим состояниям и функциям моделируемого агента. Места:  $p_1$  – получен обычный запрос на поиск данных;  $p_2$  – получен расширенный запрос на поиск данных;  $p_3$  – по результатам анализа сформирован отрицательный ответ;  $p_4$  – по результатам анализа сформирован положительный ответ;  $p_5$  – анализ информационной базы по расширенному запросу;  $p_6$  – запрос к вычислительному модулю по





После статистической оценки членов функции эффективности производится нахождение ее оценки по соотношению (4).

**5. Выводы.** Таким образом видим, что разработка моделей работы программных агентов поиска данных и анализа информационной базы с использованием нечетких E-сетей не представляет особых проблем. При использовании же других средств математического моделирования возникают различного рода трудности. Так например, при использовании аппарата цепей Маркова разработчики сталкиваются со сложностями описания несинхронных, недетерминированных процессов. Так же значительные трудности возникают в описании процесса принятия решения, если при этом в реальной системе используются элементы искусственного интеллекта. При использовании же автоматных моделей у разработчиков отсутствует возможность описания взаимодействующих параллельных процессов, что так же значительно снижает адекватность полученных результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877с.
2. Герасимов Б. М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. –183 с.
3. Применение микропроцессорных средств в системах передачи информации: Учеб. пособ. для вузов по сп-ти АСУ/ Я. Советов, О.И. Кутузов и др. – М.:Высш. шк., 1987. –256 с.:ил.
4. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. 736с.
6. Дуравкин Е. В. Использование аппарата E-сетей для моделирования систем управления с элементами искусственного интеллекта. Вісник Харківського національного університету. №629 Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». С.5-10