

Национальная академия наук Украины

Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова



МОДЕЛИРОВАНИЕ-2016

SIMULATION-2016

25-27 мая 2016, Киев

Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины
НИИ многопроцессорных вычислительных систем им А.В. Каляева
Южного Федерального Университета, Россия
Национальный технический университет «Львовская политехника»
Институт кибернетики им.В.М. Глушкова НАН Украины
Национальный авиационный университет Украины
Донецкий национальный технический университет
Институт электродинамики НАН Украины
Институт проблем регистрации информации НАН Украины
Щецинский технический университет, Польша
Институт специальной связи и защиты информации НТУУ «КПИ»
Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан
Компания «Юстар», Украина
Энергосервисная компания «ПАТРИОТ-НРГ»

Сборник трудов конференции

МОДЕЛИРОВАНИЕ-2016

SIMULATION-2016

25-27 мая 2016, Киев

УДК 004.94

М74

Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, НИИ многопроцессорных вычислительных систем им А.В. Каляева Южного Федерального Университета (Россия), Национальный технический университет «Львовская политехника», Институт кибернетики им.В.М. Глушкова НАН Украины, Национальный авиационный университет Украины, Донецкий национальный технический университет, Институт электродинамики НАН Украины, Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Щецинский технический университет (Польша), Институт специальной связи и защиты информации НТУУ «КПИ», Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан), Компания «Юстар» (Украина), Энергосервисная компания «ПАТРИОТ-НРГ» проводят Пятую международную конференцию МОДЕЛИРОВАНИЕ-2016.

Конференция проходит в Институте проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, 25-27 мая 2016 г.

ISBN 978-966-02-7928-5

Все материалы поданы в авторской редакции. Прошли рецензирование.

Е.Е. Федоров (д.т.н., доц.),
Ю.Л. Дикова

Донецкий национальный технический университет, Украина, г. Красноармейск, пл. Шибанкова 2
E-mail: fedorovee75@mail.ru, juli.dikova@gmail.com

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

The article is considered a centralized multi-agent system prediction of mine atmosphere, consisting of a main agent and a set of subordinate agents, the interaction between them is based on the FIPA-Subscribe Protocol. The basis of the main agent is an ANN of high order, the basis of subordinate agents is ANN NARMA. The proposed approach to the construction of multi-agent systems will increase the accuracy of the forecast of the mine atmosphere characteristic values by 10%, and the probability of the mine atmosphere condition forecast by 7%.

Keywords: mine atmosphere, centralized multi-agent system, artificial neural network, NARMA.

Постановка проблемы. В настоящее время одной из важнейших проблем, существующих в горной промышленности, является повышение производственной безопасности. Современные компьютерные системы аэрогазового контроля [1 – 2], используемые на шахтах, не предусматривают возможность прогноза содержания взрывоопасных газов. Это приводит к тому, что мероприятия, направленные на недопущение аварий или снижение их последствий, могут быть проведены слишком поздно. Поэтому разработка способов прогноза содержания взрывоопасных газов в горных выработках, используемых для повышения качества оценки аэрогазовой ситуации, является актуальной.

Анализ исследований. На сегодняшний день в качестве инструмента для прогноза широко применяются следующие методы: регрессионные и авторегрессионные методы прогнозирования; методы, основанные на экспоненциальном сглаживании; методы на базе цепей Маркова; на базе классификационно-регрессионных деревьев; искусственные нейронные сети (ИНС). В работе [3] приведена сравнительная характеристика перечисленных способов. Поскольку использование ИНС [4-6] при прогнозировании дает ощутимое преимущество, которое заключается в том, что: взаимосвязи между факторами исследуются на готовых моделях; не требуются никакие предположения относительно распределения факторов; априорная информация о факторах может отсутствовать; исходные данные могут сильно коррелировать, быть неполными или зашумленными; возможен анализ систем с высокой степенью не линейности; быстрая разработка модели; высокая адаптивность; возможен анализ систем с большим количеством факторов; не требуется полный перебор всех возможных моделей; возможен анализ систем с неоднородными факторами, в статье будет использоваться нейросетевой способ прогноза.

Архитектурно-структурная организация программной компоненты на основе мультиагентной системы [7-10] обеспечивает параллелизм обработки информации. Таким образом, использование мультиагентной системы позволяет повысить скорость прогноза состояния рудничной атмосферы за счет распараллеливания процессов прогноза значений ее характеристик.

Постановка задачи исследования. Целью работы является разработка мультиагентной системы прогноза состояния рудничной атмосферы. Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- определить структуру мультиагентной системы и поведение ее агентов;

- определить структуру ИНС прогноза для каждого агента;
- выбрать критерий оценки качества ИНС прогноза;
- обучить ИНС прогноза для каждого агента;
- выполнить численные исследования.

Результаты разработки и исследований. В статье предлагается централизованная мультиагентная система прогноза состояния рудничной атмосферы, состоящая из главного агента A и набора подчиненных независимых друг от друга агентов A_i . Взаимодействие между главным и подчиненными агентами осуществляется на основе протокола FIPA-Subscribe. Каждый подчиненный агент A_i прогнозирует значение одного из 21 следующих признаков (характеристик) рудничной атмосферы: давление, температура, скорость движения и влагосодержание атмосферного воздуха, концентрация в атмосферном воздухе метана (CH_4), этана (C_2H_6), пропана (C_3H_8), бутана (C_4H_{10}), этилена (C_2H_4), ацетилена (C_2H_2), водорода (H_2), сероводорода (H_2S), оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2), оксида азота (NO), диоксида азота (NO_2), тетраоксида диазота (N_2O_4), пентаоксида диазота (N_2O_5), диоксида серы (SO_2), кислорода (O_2), пыли.

БД главного агента A хранит вектор последних спрогнозированных состояний рудничной атмосферы. БЗ главного агента A хранит набор ассоциативных правил предложенной в работе ИНС высоких порядков. БД каждого подчиненного агента A_i хранит вектор последних измеренных значений i -го признака и соответствующий ему вектор последних спрогнозированных значений i -го признака. БЗ каждого подчиненного агента A_i хранит набор ассоциативных правил для i -й ИНС NARMA.

Алгоритм работы главного агента A заключается в следующем: агент A запускает всех подчиненных агентов A_i , затем посылает им запрос о подписке на получение спрогнозированных значений признаков и ожидает от каждого подчиненного агента ответ-подтверждение. Далее главный агент сообщает оператору результат ответов. В случае успешного подтверждения главный агент производит сбор прогнозируемых значений признаков $y_i(n+1)$ от подчиненных агентов и выполняет прогноз состояния рудничной атмосферы $z(n+1) = F(y_1(n+1), \dots, y_{21}(n+1))$, используя предложенную в работе ИНС высоких порядков. Конечный результат прогноза $z(n+1)$ агент A отправляет оператору.

Алгоритм работы каждого подчиненного агента A_i заключается в следующем: агент A_i ожидает, пока не получит запрос на подписку от главного агента и посылает в ответ согласие на подписку. Далее агент A_i ожидает заданный шаг квантования по времени Δt и с помощью соответствующего датчика получает измеренное значение признака $u_i(n)$. Если модуль разности между измеренным значением признака $u_i(n)$ и спрогнозированным ранее значением признака $y_i(n)$ превышает заданный порог, то агент A_i сообщает главному агенту A о сбое в подписке. В случае корректной работы агент A_i выполняет прогноз значения признака

$y_i(n+1) = F_i(u_i(n), \dots, u_i(n-M), y_i(n), \dots, y_i(n-M))$, используя i -ю ИНС NARMA [4]. Спрогнозированное значение признака $y_i(n+1)$ посылается главному агенту.

В основу работы главного агента положена авторская ИНС высоких порядков, структурная схема которой приведена на рис 1.

Для обучения ИНС главного агента использовался алгоритм обратного распространения ошибки (BackPropogation), а для обучения ИНС подчиненных агентов использовались метаэвристики [5-6].

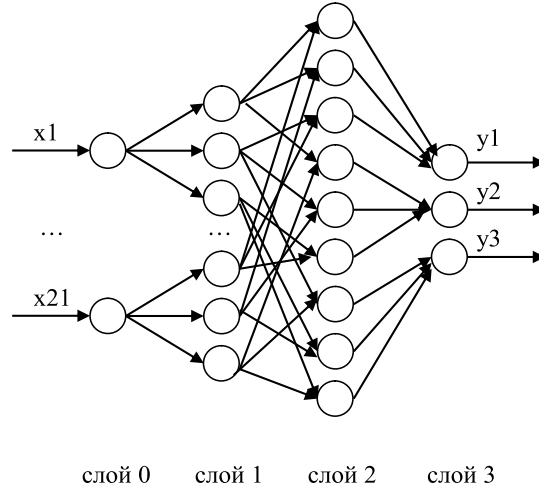


Рис. 1. ИНС высоких порядков главного агента

Модель ИНС представлена в виде:

$$y_j^{(1)} = \begin{cases} \frac{1}{1 + \exp(b_{1j} - a_{1ij}x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 1 \\ \frac{1}{1 + \exp(b_{2j} - a_{2ij}x_i)} + \frac{1}{1 + \exp(d_{2j} - c_{2ij}x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 2, \quad j \in 1, N^{(1)}, \quad i \in 1, N^{(0)} \\ \frac{1}{1 + \exp(b_{3j} - a_{3ij}x_i)} & j = (i-1)N^{(3)} + 3 \end{cases}$$

$$y_j^{(2)} = f^{(2)}(s_j^{(2)}) = s_j^{(2)}, \quad j \in 1, N^{(2)},$$

$$s_j^{(2)} = b_j^{(2)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(1)}} \dots \sum_{i_{N^{(0)}=1}^{N^{(1)}} w_{i_1 \dots i_{N^{(0)}}j}^{(2)} y_{i_1}^{(1)} * \dots * y_{i_{N^{(0)}}}^{(1)},$$

$$y_j^{(3)} = f^{(3)}(s_j^{(3)}) = s_j^{(3)}, \quad j \in 1, N^{(3)},$$

$$s_j^{(3)} = b_j^{(3)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} w_{i_1j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} \dots \sum_{i_{k=1}^{N^{(2)}} w_{i_1 \dots i_{k}j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} * \dots * y_{i_k}^{(2)} + \dots + \sum_{i_1=1}^{N^{(2)}} \dots \sum_{i_{N^{(2)}=1}^{N^{(2)}} w_{i_1 \dots i_{N^{(2)}}j}^{(3)} y_{i_1}^{(2)} * \dots * y_{i_{N^{(2)}}}^{(2)}.$$

Предложенная мультиагентная система была реализована в программной среде JADE.

Выводы. Предложенная мультиагентная система прогноза состояния рудничной атмосферы обладает следующими достоинствами:

- упрощено разделение задач между подчиненными агентами;

- подчиненные агенты для решения своих задач обладают необходимой информацией о текущем состоянии рудничной атмосферы;
- подчиненные агенты не мешают друг другу во время решения своих задач;
- подчиненным агентам не нужно явно общаться между собой во время решения своих задач;

- подчиненные агенты не дублируют действия друг друга.

На основе численного исследования структуры ИНС NARMA, используемой для прогноза значений признаков подчиненными агентами, были выбраны функции активации, определено количество нейронов в скрытом слое и величина задержки, что позволило ускорить процедуру обучения.

Предложенная ИНС высоких порядков, используемая для прогноза состояния главным агентом, обладает следующими достоинствами:

- возможность использования в одном слое разных функций активации, что позволяет учесть особенности признаков (характеристик) рудничной атмосферы;
- отсутствие необходимости определения количества скрытых слоев и количества нейронов в этих слоях, что упрощает адаптацию структуры ИНС;
- универсальность и расширяемость для любого необходимого количества признаков (характеристик) рудничной атмосферы.

Адаптация параметров предложенных ИНС выполнялась с помощью комбинации локального и случайного поиска, вероятность выполнения которых зависела от номера итерации. Это позволило увеличить точность прогноза значений признаков (характеристик) рудничной атмосферы на 10%, а вероятность прогноза состояния рудничной атмосферы на 7%.

Предложенный подход к построению мультиагентных систем может быть использован для компьютерных систем прогноза общего и специального назначения.

Список использованной литературы

1. Федоров Е.Е. Разработка способа комплексного контроля концентрации вредных газов / Е.Е.Федоров, Ю.Л. Дикова // Известия донецкого горного института, 2015. – №1. с. 30-34.
2. Айруни А. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах / А. Айруни. – М., Наука, 1987. – 310 с.
3. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобию: дис. . . . кандидата технических наук: 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Чучуева Ирина Александровна. – Москва, 2012. – 153 с.
4. Haykin S. Neural networks / S. Haykin. – NY: Pearson Education, 1999. – p.823.
5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – Пер. с польского И.Д. Рудинского. - М.: Финансы и статистика – 2002. – 344 с.
6. Скобцов Ю.А. Метаэвристики: монография / Ю.А. Скобцов, Е.Е. Федоров. – Донецк: Ноулидж, 2013. – 426 с.
7. Городецкий В.И. Многоагентные системы (обзор) / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов // Новости искусственного интеллекта. – 1997. – № 1. – С. 12-47.
8. Bellifemine F. Developing multi-agent systems with JADE / F. Bellifemine, G. Caire, D. Greenwood. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2007. –286 p.
9. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems / M. Wooldridge. – Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 348 p.
10. Федоров Е.Е. Методология создания мультиагентной системы речевого управления: монография / Е.Е. Федоров. – Донецк: изд-во «Ноулидж», 2011. – 356 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	<i>В. В. Петров, А. А. Крючин</i> Применение оптических сапфировых дисков для хранения стратегически важной информации	7
2.	<i>А.В. Палагин</i> Ontology conception of transdisciplinary scientific research	11
3.	<i>Oliver Sawodny</i> Model-Based Optimization methods for operational strategies and layout optimization at the example of Hybrid Energy Systems	18
4.	<i>Volodymyr Kushnarenko, Jürgen Salk, Christian Mosch, Karsten Siegmund, Matthias Neuer, Stefan Kombrink, Thomas Nau, Stefan Wesner</i> Computational chemistry optimized cluster JUSTUS. Problem oriented approach and architecture.	19
5.	<i>Masha Sosonkina, Gary Lawson, Vaibhav Sundriyal, Yuzhong Shen</i> Energy Modeling for CoMD Offloaded to Intel Xeon Phi	20
6.	<i>V.A. Svyatnyy, M. Resch, O.A. Zolotukhina</i> Blockorientierte Simulationssprache der parallelen Simulationstechnik	28
7.	<i>С. Е. Саух</i> Стабилизированный метод ускоренного решения вариационных неравенств большой размерности	37
8.	<i>К.В. Агеев</i> Исследование струйно-вихревых процессов в энерготехнологическом оборудовании методами имитационного и численного CFD-моделирования	49
9.	<i>О. А. Дмитриева</i> О модификации методов типа Биккарта для расширения области устойчивости	53
10.	<i>V. K. Dobrovolsky</i> Microprocessor with Tagged Registers	57
11.	<i>Е.Е. Федоров, Ю.Л. Дикова</i> Мультиагентная система прогноза состояния рудничной атмосферы	61
12.	<i>D. Khlopov, M. Mangold</i> Программное средство для автоматического упрощения моделей дифференциально-алгебраических систем с помощью метода истинного ортогонального разложения	65
13.	<i>В. М. Карпенко</i> Основні теореми енергоінформаційного аналізу динаміки фізичних точок	69
14.	<i>Aleksandr Katkow</i> Additive Algorithm for Lossy Data Compression	73