

УДК 004.41

## МЕТОД ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЛИНИЙ НА ОСНОВЕ ГРАФА ЗНАНИЙ



### A KNOWLEDGE GRAPH-BASED FAULT DIAGNOSIS METHOD FOR PRODUCTION LINES

#### Ли Цзымин

магистрант 2 курса,  
Национальный исследовательский университет ИТМО  
pp7777myku@gmail.com

#### Ма Буюнь

магистрант 1 курса,  
Национальный исследовательский университет ИТМО  
m392807323@outlook.com

**Аннотация.** В данной статье представлено решение для системы диагностики неисправностей производственной линии, разработанное с использованием программного обеспечения Protégé. Система устанавливает логические отношения на основе дерева неисправностей производственной линии и использует рассуждающую машину HermiT для логических рассуждений, чтобы создать карту знаний. Датчики давления, ускорения, инфракрасного излучения и Холла используются для мониторинга рабочего состояния каждой части производственной линии и загрузки данных на сервер, который затем сообщает информацию о неисправности пользователю после оценки состояния производственной линии на основе графа знаний.

**Ключевые слова:** слова: онтология знаний, логическое умозаключение, диагностика неисправностей.

#### Li Ziming

2nd year Master's Student,  
ITMO University  
pp7777myku@gmail.com

#### Ma Buyun

1st year Master's Student,  
ITMO University  
m392807323@outlook.com

**Annotation.** This paper presents a solution for a production line fault diagnosis system developed using Protégé software. The system establishes logical relations based on a production line fault tree and uses the HermiT reasoning machine for logical reasoning to create a knowledge map. Pressure, acceleration, infrared and hall sensors are used to monitor the operational state of each part of the production line and upload the data to the server, which then reports the fault information to the user after evaluating the state of the production line based on the knowledge graph.

**Keywords:** knowledge ontology, logical inference, fault diagnosis.

Граф знаний – это, по сути, большая семантическая сеть для описания понятий, сущностей и их взаимосвязей в объективном мире [1], которая может использоваться как структура данных для хранения и представления знаний, а также организации и соединения сущностей, атрибутов и взаимосвязей в знаниях в виде узлов и ребер на основе концепции графа. Традиционная диагностика неисправностей обычно требует ручного выбора признаков и большого количества меченых данных для обучения, а результаты диагностики являются относительно изолированными, что не обеспечивает полного процесса диагностики неисправностей [2]. Диагностика неисправностей производственных линий с использованием графа знаний имеет такие преимущества, как четкая обусловленность, высокая точность, сильная масштабируемость, низкие арифметические требования к среде развертывания и т. д., а логические связи и данные могут быть гибко скорректированы впоследствии в соответствии с фактической работой производственной линии, что подходит для производственных линий с высокими требованиями к надежности и гибкости.

В данной статье предлагается схема проектирования системы диагностики неисправностей производственной линии с архитектурой Б/С, как показано на рисунке 1. Система должна развернуть граф знаний на основе дерева сбоев производственной линии на стороне сервера, отслеживать состояние работы каждой детали с помощью датчиков давления, ускорения, инфракрасного излучения, Холла и других датчиков во время работы, использовать микроконтроллер для сбора соответствующих данных и передачи их на сервер по сети, запрашивать в соответствии с заданными отношениями и данными соответствующую информацию о неисправности и сообщать ее пользователю. В основу системы положена конструкция системы загрузки экспериментальной производственной линии для кондитерских изделий, предложенная С. Li, дерево неисправностей которой показано на рисунке 2 [3].

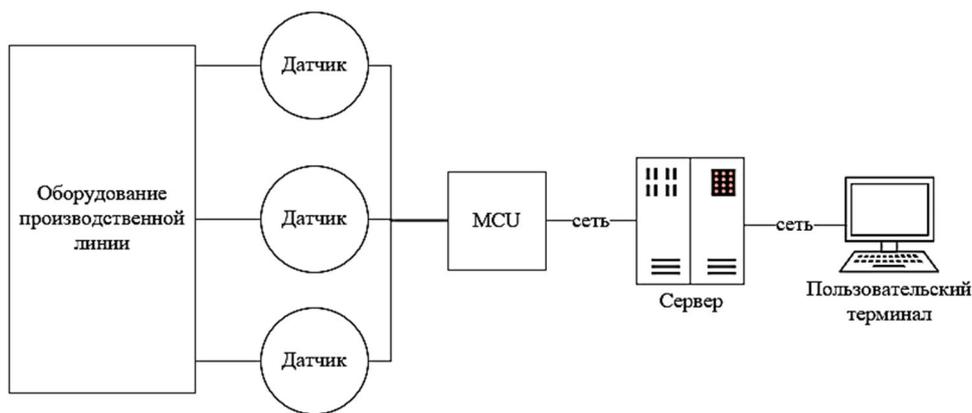


Рисунок 1 – Блок схема системы

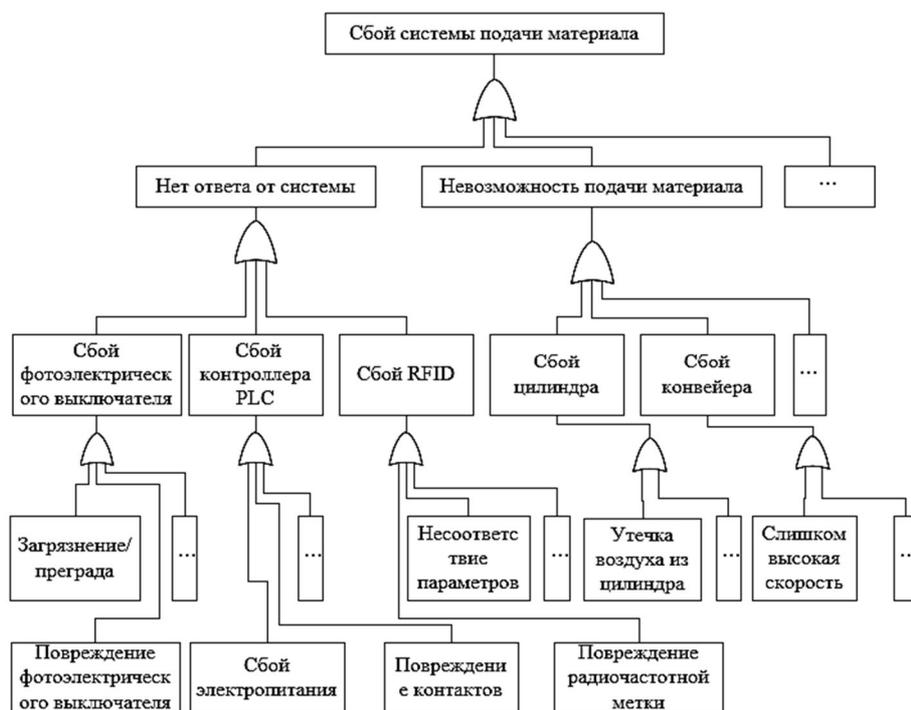


Рисунок 2 – Дерево сбоев системы

На основе дерева сбоев, в Protégé добавляются сущности, данные, логические отношения и т.д. для построения графа знаний, в котором рассудитель HermiT будет рассуждать о возможных неисправностях. OntoGraf изображение графа знаний показано на рисунке 3, где изображен процесс диагностики неисправностей, где сплошная линия – логические отношения, заданные в соответствии с деревом неисправностей, а пунктирная линия – логические отношения, обоснованные рассуждающей машиной HermiT. Предположив, что производственная линия вышла из строя, система запрашивает данные в датчиках на основе феномена «нет ответа от системы» (phenomenon\_no\_responding) и предполагает, что данные в датчике «инфракрасный датчик 1» (sensor\_infrared\_1) являются ненормальными, затем определяет, что причиной сбоя является «блокировка посторонним предметом» (reason\_foreign). Затем система определяет, что причиной неисправности является «блокировка посторонним предметом» (location\_optical\_switch), и делает вывод, что местом неисправности является «фотоэлектрический выключатель» (location\_optical\_switch), после чего отправляет план утилизации «план утилизации 1» (solution\_1) администратору для устранения неисправности. Настроив периодическое задание на сервере, можно также периодически запрашивать данные каждого датчика и предоставлять план профилактики.

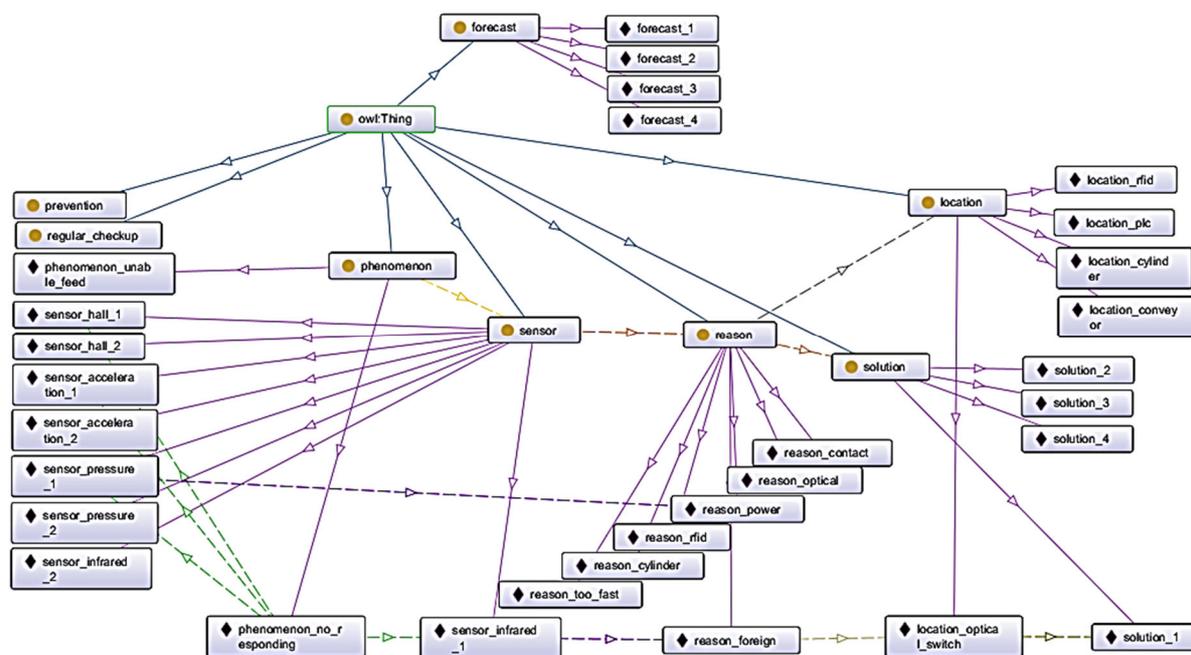


Рисунок 3 – OntoGraf изображение

После проверки правильности процесса рассуждений граф знаний, содержащий результаты рассуждений, экспортируется в формат RDF и размещается на сервере, который можно вызвать, настроив интерфейсы датчиков и других данных, а затем запросить их с помощью оператора query, или интегрировать в веб-страницы других промышленных информационных систем, как показано на рисунке 4. Запись запроса с ID – 10001 имитирует неисправность, вызванную помутнением фотоэлектрического выключателя, с указанием причины неисправности, ее местоположения и плана устранения, а остальные записи имитируют запись периодического осмотра.

Time	ID	Phenomenon	Reason	Location	Status	Forecast	Note
2023-11-20 14:25:10	10001	phenomenon_unable_feed	reason_contact	location_optical_switch	error solution 1		Please check the optical switch.
2023-11-20 15:50:11	90001	regular check-up	regular check-up	location_optical_switch	warning	forecast_contact	Please check the circuit contacts.
2023-11-20 15:50:12	90002	regular check-up	regular check-up	location_plc	normal		
2023-11-20 15:50:12	90003	regular check-up	regular check-up	location_rf_id	normal		

Рисунок 4 – Результаты имитационного запроса

Кроме того, он может быть гибко настроен в соответствии с фактическими производственными потребностями датчиков, логическими связями, программами утилизации и т.д. Метод может широко применяться на различных промышленных производственных линиях, может быть интегрирован в промышленные информационные системы или использоваться самостоятельно для повышения информационного уровня старых производственных линий, что имеет положительное значение для снижения затрат на рабочую силу и повышения эффективности производства.

Исследование было профинансировано Китайским советом по стипендиям (CSC) (202209010166).

### Литература / References

1. Spatio-temporal features based geographical knowledge graph construction / X. Zhang, C. Zhang, M. Wu, [et al.] // Sci Sin Inform. – 2020. – Vol. 50. – P. 1019–1032.
2. Machinery Fault Diagnosis Based on Deep Learning for Time Series Analysis and Knowledge Graphs / H. Liu, R. Ma, D. Li, [et al.] // J Sign Process Syst. – 2021. – Vol. 93. – P. 1433–1455.
3. Li C. Research and Application of Fault Prediction Analysis Method for Intelligent Production Line: Th. M. Sc. Eng.: Computer application technology. – Shenyang, 2020. – 77 p.