

*Диб Али*¹,

студент;

*Маликов Александр Тимофеевич*²,

студент;

*Хохловский Владимир Николаевич*³,

доцент, канд. техн. наук, доцент

ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

^{1,2,3} Россия, Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

¹ dib.a@edu.spbstu.ru, ² malikov.at@edu.spbstu.ru,

³ hohlovskij_vn@spbstu.ru

Аннотация. В работе рассмотрена реализация рекомендаций по организации человеко-машинного интерфейса в иерархической производственной системе управления при решении задач многокритериальной оптимизации и формировании рекомендаций лицам, принимающим решения. Особенностью рассматриваемой системы является, во-первых, возможность конфигурирования человеко-машинного интерфейса, что придает системе черты инструментальной системы, и, во-вторых, изменение структуры системы и взаимосвязи составных частей с оперативным восстановлением графического изображения с прорисовкой получающейся иерархии.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, многоуровневая производственная система управления, модель RAMI4.0, человеко-машинный интерфейс.

*Ali Deeb*¹,

Student;

*Alexander T. Malikov*²,

Student;

*Vladimir N. Khokhlovskiy*³,

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

INTERACTION WITH A USER IN HIERARCHICAL MANUFACTURING DECISION SUPPORT SYSTEM

^{1,2,3} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,

¹ dib.a@edu.spbstu.ru, ² malikov.at@edu.spbstu.ru,

³ hohlovskij_vn@spbstu.ru

Abstract. The paper examines the implementation of recommendations for organizing a human-machine interface in a hierarchical production control system while solving multicriteria optimization problems and generating recommendations for decision makers. A

feature of the system under consideration is, firstly, the ability to configure a human-machine interface, which gives the system the features of a tool, and, secondly, a change in the structure of the system and the relationship of its components with the rapid restoration of a graphic image with the drawing of the resulting hierarchy.

Keywords: decision support system, multi-level production control system, RAMI4.0 model, human-machine interface.

Введение

Иерархическая производственная система поддержки принятия решений относится к иерархическим уровням «Work Centers» и «Station», а также к этапу «Instance – Production» жизненного цикла в соответствии с моделью RAMI4.0 [1, рис. 2b]. Рассматриваемая система позволяет сформулировать рекомендации лицу, принимающему решения, с использованием методов многокритериальной оптимизации, относится к классу интерактивных [2] и выполняет следующие основные функции на основе динамически меняющейся информации о производственном процессе:

- 1) формирует датасеты для их обработки в подсистемах на основании показаний датчиков и конфигурирования имеющихся данных;
- 2) прогнозирует значения заданных параметров, имеющих принципиальное значение для потребителей требуемых ресурсов на предприятии;
- 3) решает задачу оптимизации работы подсистем, генерирующих тепловую и электрическую энергию;
- 4) решает задачу балансировки подсистем «производитель – потребитель» с учетом прогноза потребности (п. 2) и оптимизации производства энергии (п. 3).

Это логическое разделение имеет ключевое значение для создания иерархической схемы и дальнейшей оптимизации системы, поскольку оно позволяет сконцентрировать усилия по улучшению каждой подсистемы для повышения эффективности производственного процесса. В работе [3] сформулирована задача разработки удобных средств взаимодействия лица, принимающего решения, с системой-советчиком, что должно быть реализовано в рамках развития человеко-машинного интерфейса. Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ или НМИ – Human-Machine Interface) – это способ взаимодействия человека и программно-технических средств, который решает задачу интерпретации логики человека для машины и, наоборот, интерпретирует поведение машины для человека с целью исключения непонимания между ними при обмене информацией. Особую важность реализация ЧМИ имеет для сложных иерархически-организованных производственных систем, так как особенности ЧМИ, в частности, ситуационная осведомленность, непосредственно влияют на эффективность их работы [4].

Ниже приведены рекомендации по созданию системы человеко-машинного интерфейса для SCADA-систем АСУТП [5]. Для создания оконного интерфейса, удовлетворяющего современным требованиям

эргономичности, достаточности и при этом безызбыточности отображаемой информации, а также принципу ситуационного восприятия представляемой информации, рекомендуется выполнить следующие шаги.

1) Определить архитектуру ЧМИ: следует идентифицировать составные части (например, этапы процессов установки, обслуживания, сопровождения, повторного запуска, смены режимов работы и т. п.), организовать их в систему, дать названия. Создать функциональные группы и подгруппы (например, «диагностика», «тревоги и оповещения», «ручные команды», «установки режимов» и т. п.).

2) Структурировать содержание: следует создать систему меню (до 7 позиций горизонтально и до 3 позиций вертикально).

3) Определить принципы навигации: следует продумать переходы между страницами.

4) Определить размещение на экранах и предложить «топологию» страниц.

5) Организовать вид домашней страницы: рекомендуется предложить вид домашней страницы и организацию информации на ней.

6) Продумать поведение в динамике и определить вид, размещение и поведение кнопок и активных зон.

7) Продумать принципы акцентов на страницах, использовать иконки, изображения и цвета.

8) Организовать четкие изображения путем настройки яркости и контраста.

9) Создать текст и диалоговые компоненты и четко их представить.

10) Продумать диалоги, причем следует сделать их понятными и по возможности краткими.

Оконный интерфейс рассматриваемой интерактивной системы, реализованный с учетом указанных рекомендаций, имеет следующие особенности.

1. Уточнение функций оконного интерфейса

Для разработки алгоритмов и программ для оптимизации работы системы необходимо на начальном этапе определить структуру данных, описывающую исследуемые системы, а также реализовать средства для удобного и быстрого взаимодействия с этими данными. Рассматриваемый пользовательский интерфейс должен выполнять следующие функции:

1) создавать системы с заданным именем, входными и выходными сигналами;

2) объединять созданные подсистемы в единую связанную систему в соответствии с параметрами, определенными пользователем;

3) отображать созданную систему в виде связанного графа;

4) позволять вручную вводить значения для каждого из сигналов;

5) сохранять параметры систем и их иерархию в виде файлов.

2. Выбор языка программирования и фреймворков

Основное требование к разрабатываемому программному модулю – кроссплатформенность, а также возможность интегрирования системы с библиотеками машинного обучения.

Наилучшим выбором для удовлетворения необходимости в дальнейшем использовании машинного обучения является Python. С целью обеспечения переносимости разрабатываемого модуля, а также возможности создания сложных элементов управления использовался фреймворк Qt, в частности, его Python-версия PyQt.

3. Определение необходимых типов данных и инструментов для взаимодействия с ними

В качестве хранилищ информации были разработаны классы, реализующие функции соединений (сигналов), а также систем, содержащих данные сигналы. В качестве основных объектов, которые используются при создании систем и при работе – система и сигналы, поступающие в систему или исходящие из систем. В соответствии с этим разработаны классы, реализующие их поведение. Для корректного использования объектов систем и сигналов реализованы классы, управляющие созданием и изменением объектов данного класса – менеджеры. Для сохранения данных систем и соединений были созданы классы-менеджеры файлов.

4. Организация связей между системами

Организация обмена данными между системами важно при их совместной работе. Каждая из систем хранит имена связей, с которыми она связана. Формирование значения каждой из связей происходит посредством использования менеджера связей, позволяющего получать объект связи по его имени с актуальными значениями, при этом предотвращается задержка информации.

5. Представление данных систем и связей

После создания подсистем необходимо организовать их в общую структуру. Для этого использовалось представление систем посредством графов. Каждая система представляется в виде графа, где вершинами являются входы-выходы, а также условное обозначение «тела» системы (см. рис. 1). Красным цветом представлены вершины, отвечающие за сигналы, зеленым – за системы.

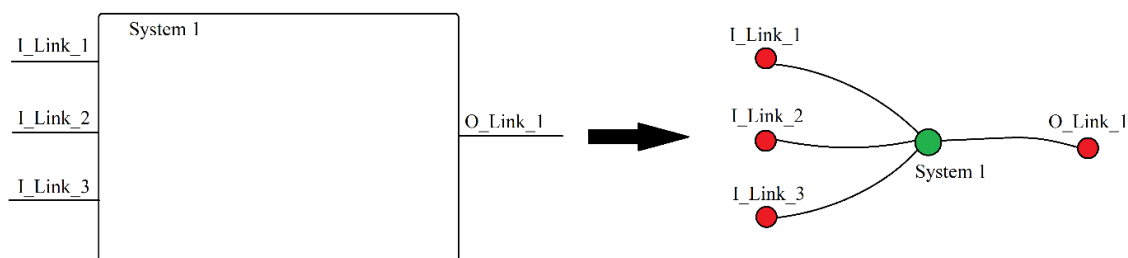


Рис. 1. Представление подсистемы в виде графа

В соответствии с соединениями систем можно создать обобщенный граф, описывающий всю структуру в целом (см. рис. 2). В этом случае вершины, соответствующие выходам одной подсистемы, могут совмещаться с вершинами, соответствующими входам другой подсистемы.

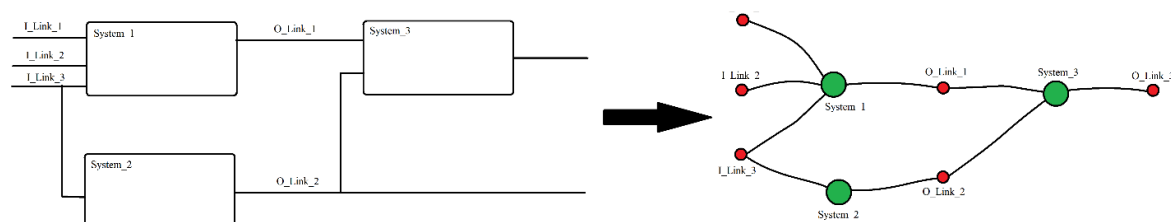


Рис. 2. Представление структуры системы в виде графа

6. Окно создания систем и указание их параметров

С целью реализации возможностей по созданию систем с корректными параметрами был разработан функциональный прототип подпрограммы создания и редактирования систем. В окне указываются имя системы, а также входные параметры и количество выходных параметров (см. рис. 3).

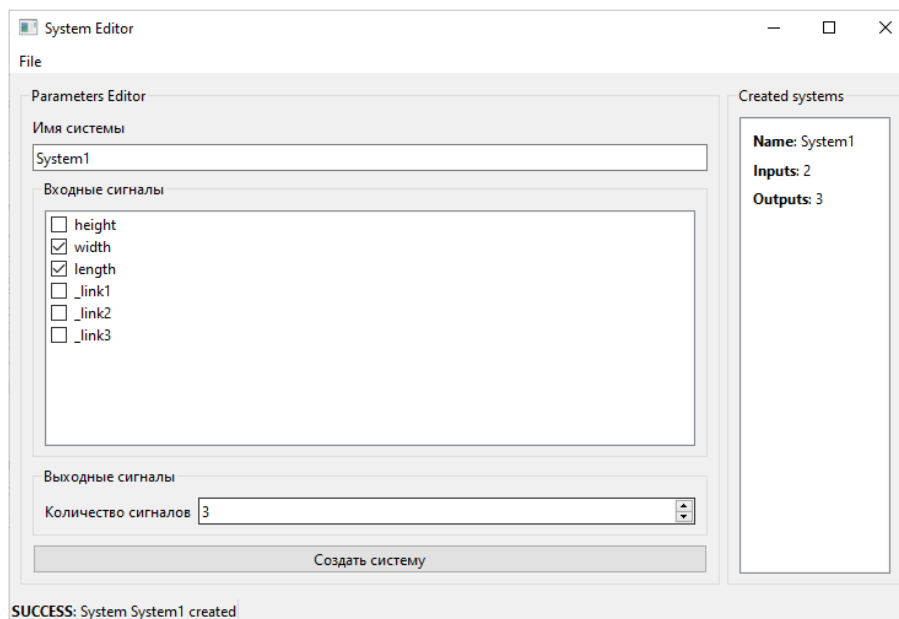


Рис. 3. Редактор систем с созданной структурой

Визуальный облик окна может быть в дальнейшем изменен. Также реализована отрисовка системы (см. рис. 4), то есть отображение в графическом виде системы, связи и входы-выходы составных подсистем которой были изменены.

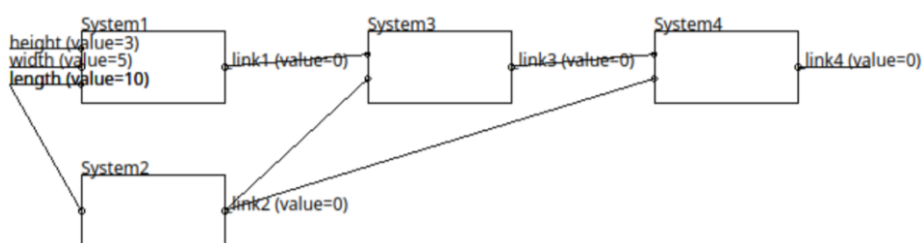


Рис. 4. Отображение заданных систем

Заключение

В работе рассмотрен человеко-машинный интерфейс для формирования структуры и иерархии системы для многокритериальной оптимизации. Важной особенностью рассматриваемой системы является возможность легкого формирования структуры подсистем, визуализация структуры системы с учетом производимых изменений, а также изменение значений для каждого из сигналов. В дальнейшем по аналогии с [6] будет реализована возможность создания цифровых двойников для каждой из подсистем и оптимизации их параметров на этапе проектирования. Рекомендации и предложенные архитектурные решения могут быть полезны при создании иерархических производственных систем автоматизации [7], а также в системах поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Moghaddam M., Cadavid M. N., Kenley C. R., Deshmukh A. V. Reference architectures for smart manufacturing: A critical review. – 2018. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.006>.
2. Богданова П. А., Сахаров Д. М., Васильева Т. В. Обзор методов многокритериальной оптимизации в задачах принятия решений [Электронный ресурс] // Инновационные аспекты развития науки и техники. – 2021. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-mnogokriterialnoy-optimizatsii-v-zadachah-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 17.05.2024).
3. Шварц Д. Т. Интерактивные методы решения задачи многокритериальной оптимизации. Обзор [Электронный ресурс] // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2013. – № 04. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-metody-resheniya-zadachi-mnogokriterialnoy-optimizatsii-obzor> (дата обращения: 17.05.2024).
4. Endsley M. R. Designing for situation awareness: an approach to user-centered design. – 2nd ed. – CRC Press, 2016. – DOI: <https://doi.org/10.1201/b11371>.
5. Ten stages for successful HMI design. – Schneider Electric, 2018.
6. Shkodyrev V. P., Khokhlovskiy V., Oleinikov V. Building a digital twin for local heating housing services // In: D. G. Arseniev, N. Aouf (eds.) Cyber-Physical Systems and Control II. CPS&C 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. – Cham: Springer, 2023. – Vol. 460. – Pp. 119–130. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20875-1_11.
7. Shkodyrev V. P., Khokhlovskiy V., Oleinikov V. Development of control automation for energy objects based on the unified process approach // In: A. A. Radionov, V. R. Gasiyarov (eds.) Advances in Automation II. RusAutoConf 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering. – Cham: Springer, 2021. – Vol. 729. – Pp. 822–831. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71119-1_80.