

## РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ И МОДЕЛИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

**Асадулаев М.И., магистрант** (Национальный исследовательский университет ИТМО),  
**Архипов В.А., преподаватель** (Национальный исследовательский университет ИТМО)  
**Научный руководитель – Архипов В.А., преподаватель ФСУиР**  
(Национальный исследовательский университет ИТМО)

**Аннотация:** Представлен краткий перечень основных технологических инициатив и некоторых проблем «Industry 3.0». Предлагается разработка мультиагентной системы, в которой Агент-Заготовка играет генерирующую роль Заказчика своего производства.

**Введение.** С начала XXI века, промышленно развитые страны пытаются активно повысить «интеллект» своих производств и промышленности, развивая такие технологические инициативы, как: «Smart Factory», «Digital Factory», «Virtual Factory» (США и др.), «Industry 4.0» (ЕС), «Китайское производство 2025» (Китай), «Connected Factories» (Япония) и другие. Российское правительство и некоторые отечественные отрасли промышленности, используя мировой опыт, пытаются разработать собственные проекты в стиле «Industry 4.0», например: «Технет» (Национальная технологическая инициатива – «НТИ»), «Цифровая экономика Российской Федерации» и другие. Необходимо отметить, что для успешного развития перечисленных инициатив необходимы: открытость и дружелюбность взаимодействующих международных сообществ, свободный обмен идеями и людьми, глубокая международная кооперация, государственная правовая и законодательная поддержка в гуманитарных и технических исследованиях и проектах, включая малые предприятия.

С технической точки зрения, для реализации вышеперечисленных инициатив необходимо: практически повсеместное применение датчиков и автоматизированных систем (САПР) для передачи актуальных данных в облачное пространство; дальнейший анализ и обработка больших данных (Big Data); применение технологий Промышленного Интернета вещей (IIoT) для межмашинного взаимодействия; использование технологий Индустриальных Киберфизических Систем (ИКФС).

Стоит отметить, что несмотря на имеющийся начальный прогресс по внедрению технологической инициативы «Smart Factory» (например, в Англии 60% предприятий внедрили различные решения) стали возникать технические и социальные проблемы и препятствия для дальнейшего развития предлагаемых инициатив, практически во всех странах. По мнению некоторых исследователей, глубокие и объективные взаимодействия технических и социальных проблем начинают формировать платформу для создания новой технологической инициативы «Industry 5.0», основами которой будут: удовлетворение потребностей человека, его благополучие, а также гуманизация и развитие общества и международное сотрудничество и бережное отношение к окружающей среде.

Выделим некоторые существующие проблемы:

- огромное количество промышленных предприятий (отечественных и мировых) находятся на уровне развития «Industry 3.0», а многие автоматизированные производственные системы этих предприятий представляют собой «монолитные» решения, которые при переходе к выпуску небольшой группы новых изделий не позволяют быстро произвести изменения в системе управления производством и не позволяют оперативно выполнять периодические переналадки технологического оборудования, что приводит к остановкам или длительным задержкам производства;
- недостаточное обеспечение оборудования и производственных процессов датчиками и сенсорными системами осложняет получение актуальной информации о текущей ситуации и не позволяет обеспечить своевременную адаптацию оборудования и производственных систем;
- недостаточное обеспечение и использование средств мобильной робототехники.

Учитывая перечисленные проблемы, а также перспективы внедрения технологических инициатив, становится понятным, что решения лежат не только в обеспечении

промышленности современным оборудованием, новыми производственными технологиями и новыми материалами и инструментами - всё более актуальными являются вопросы разработки и самоорганизация интеллектуальных производственных систем, основанных на фактических данных и знаниях о состоянии производства для генерации оперативно согласованных решений и непосредственного их применения для достижения целей системы, с учетом ключевых показателей эффективности.

**Основная часть.** В нашей работе основное внимание будет направлено на разработку архитектуры и модели мультиагентной системы, которая позволит:

- сгенерировать и проанализировать различные варианты оперативного планирования;
- определить оптимальные решения и выделить возможные проблемы динамической организации производства;
- провести формализацию задачи, с целью дальнейшей подготовки и проведения экспериментов по машинному обучению модели для самоорганизации производства.

Оригинальными подходами для построения и взаимодействия агентов мультиагентной системы будут являться:

- уникальная роль Агента-Заготовки как Заказчика своего производства и как генератора динамической архитектуры производства;
- взаимодействие агентов будет осуществляться посредством ведения переговорных процессов, результаты которых будут инициировать определённые действия агентов или их кооперацию;
- разработка и применение био-инспирированных методов для оперативного планирования.

Для разработки модели будем использовать данные об оборудовании и технологических процессах, выполняемых на участке металлообработки (Лаборатория интеллектуального оборудования Университета ИТМО), где изготавливаются металлические детали для приборов. Ниже, приведем примерное описание работы участка для дальнейшей разработки архитектуры и модели мультиагентной системы:

1. Работа на участке начинается с поступления заказа на изготовление деталей.
2. Последовательность этапов работы и оперативное планирование может согласовываться и уточняться по результатам обмена сообщениями между агентами системы.
3. Мобильные роботы транспортируют тары с заготовками на станочный участок к выбранному станку.
4. Стационарные роботы берут тару с заготовками и устанавливают её на временный склад около станка. Далее, стационарные роботы берут заготовку из тары и устанавливают её на станок.
5. Станок, используя управляющую программу обрабатывает заготовку.
6. После выполнения операций на станке стационарный робот снимает готовую деталь со станка и укладывает её в тару.
7. В некоторых случаях, заготовка может последовательно обрабатываться на разных станках, например: сначала на фрезерном, а потом на токарном станке - в этом случае мобильные роботы, вместе с заготовками, должны будут перемещаться от одного станка к другому.
8. Мобильный робот транспортирует тару с готовыми изделиями на склад готовой продукции.

**Выводы.** Апробацию результатов работы предполагается осуществить на практических занятиях с обучающимися, с целью их вовлечения в перспективные исследовательские направления, также предполагается подготовка статьи для публикации и выступления на конференциях. В качестве предложений по внедрению (испытаниям) модели системы планируется дальнейшая формализация задачи для планирования и проведения виртуальных экспериментов по машинному обучению модели для самоорганизации производства.

Асадулаев М.И. (автор)  
Архипов В.А. (автор)

Архипов В.А. (научный руководитель)