## Компетенция «Интернет вещей»

## Техническое задание по Модулю Г

## Разработка системы автоматизации производства, анализа и визуализации данных мониторинга для определения технико-экономических показателей производства. Финализация проекта

В рамках данного модуля необходимо модифицировать ранее созданную на платформе Node-RED систему управления гибкой производственной ячейкой, с целью внедрения в неё функций автоматизации мониторинга производственного процесса, визуализации и анализа работы производственного оборудования. Также необходимо провести доработку документации по созданному проекту.

Также в рамках модуля проводится тест полной функциональности созданной системы управления, во время которого оценивается работа систем визуализации и аналитики.

**Особенности оценивания результатов выполнения модуля конкурсного задания**

Проверка результатов работы участников выполняется экспертами группы оценивания с привлечением технических экспертов площадки без коммуникации с участниками чемпионата. В связи с этим участникам необходимо строго следовать рекомендациям по организации интерфейсов пользователя и принципам их функционирования, а также наименованиям объектов, чтобы избежать неверной интерпретации результатов работы экспертами.

Анализ работы системы управления проводится путем выполнения набора проверочных операций и наблюдением за работой оборудования и данными, выводимыми на интерфейсы пользователя. Все некорректно именованные или размещенные данные игнорируются при оценивании.

Все объекты имеющие наименования не соответствующие требуемым, будут игнорироваться при проведении оценивания.

Для избегания некорректного (с точки зрения созданной системы) запуска процедур и выполнения действий с интерфейсом, необходимо подготовить краткие инструкционные материалы, которые будут содержать список и описание выполненных элементов задания, а также пошаговую инструкцию настройки схем изделий и запуска и ведения автоматической сборки изделий. Все действия должны выполняться из веб-интерфейсов и не предполагать ввода неочевидных параметров или выполнения действий с неочевидной последовательностью и назначением. Инструкции предоставляются экспертам по окончанию работ над модулем.

**Состав работ**

В рамках модуля необходимо разработать систему автоматического управления работы гибкой производственной ячейки, а также систему мониторинга работы производственной линии, предоставляющей данные о ходе и результатах работы производственной линии.

Всего данная работа подразумевает, в том числе, разработку трех специализированных веб-интерфейсов:

* Интерфейс руководителя производства
* Интерфейс экспертного контроля качества изделий
* Отладочный интерфейс

В процессе работы над системой управления рекомендуется реализовать интерфей для настройки правил обработки изделий (аккумуляторных батарей), которые позволят упростить ввод и отладку алгоритмов обработки, а также позволят экспертам при необходимости убедиться в наличии реализации данных правил обработки.

Готовая система должна обеспечивать автоматическую (непрерывную и пошаговую) сборку данных изделий аналогично логике, приведенной в модуле C данного конкурсного задания.

Также необходимо реализовать систему визуализации работы производственной ячейки в формате набора линейчатых индикаторов с показом числа, организованных последовательно в таблицу. Данная визуализация должна показывать прогресс выполнения как всей сборки, так и задач на отдельных участках.

Создаваемая система должна также собирать информацию о работе оборудования (роботов) с целью расчета сводных (итоговых, статистических) показателей. Для расчета таковых показателей потребуется вычислять время работы системы.

Веб-интерфейс руководителя производства должен содержать кнопку сброса накопленных статистических данных по работе оборудования и сборке изделий. Однако перед окончанием работ над модулем рекомендуется накопить некоторое количество данных для проверки алгоритмов статистики.

При выполнении работ над модулем должен быть разработан отладочный веб-интерфейс в рамках которого будет отображаться отладочная информация о работе гибкой производственной ячейки. Также на нем должна быть возможность просмотра сообщений о возникавших ошибках и действий пользователя по управлению оборудованием.

Для обеспечения работы отладочного веб-интерфейса реализовать сохранение лога всех выполняемых команд с сохранением временных отметок в базе данных. Сохраняться должны текстовые сообщения в формате «Отправка на … команды { … }», где вместо троеточий стоит необходимая информация.

Также отдельно необходимо реализовать сохранение текстового лога работы производственной ячейки с указанием на то, какое изделие собирается, возникающими ошибками и результатом сборки.

Отладочный веб-интерфейс должен давать возможность выбрать временной диапазон извлекаемых сообщений, а также их тип (ошибки, команды и т.п.)

На последнем этапе, в дополнение к автоматизированной системе контроле качества обработки изделий, участники должны разработать систему сбора информации о результатах экспертного контроля изготовления изделий. Интерфейс данной системы должен представлять возможность кнопочного выбора результатов выполнения операций (брак, годное изделие, неверное изделие) и визуального контроля накопленных данных в виде счетчиков:

* Годное изделие – изделие соответствует Правилу (выданному перед началом работ над модулем В);
* Брак – неверно собранное изделие;
* Неверное изделие – это изделие, не соответствующее правилу в силу проблем сборки [например, не удалось установить один из элементов].

Эксперт выбирает соответствующий пункт (кнопку) после окончания сборки изделия, согласуясь со схемой изделий.

Данный интерфейс также должен отображать данные автоматизированного контроля качества сборки по данным смарт-камеры (описание работы дано далее).

**Сводные данные и статистическая обработка**

Система должна вычислять и отображать на интерфейсе руководителя производства некоторый набор сводных и статистических данных.

Для корректного накопления статистических данных на веб-интерфейсе руководителя производства должна быть размещена кнопка сброса (рестарта) сбора статистики. С момента её нажатия счетчики количеств и времени обнуляются.

Первым важным показателем является показатель износа оборудования, который в рамках данного конкурсного задания оценивается двумя параметрами – временем наработки и общим пробегом. Необходимые данные для расчета данных показателей должны набираться с как можно более ранней стадии выполнения задания.

Время наработки – это общее время, которое двигался робот. Фактически измеряется время, когда, к примеру, параметр статуса учебного робота позволяет понять, движется робот или находится в покое. Для робота с позиционным управлением подобным индикатором может являться фаза движения.

Общий пробег – это интегральная (суммарная) характеристика, описывающая степень износа зубчатых колес, ремней, направляющих, подшипников и прочих деталей механизма (робота). В данном конкурсном задании общий пробег нужно вычислять как суммарный угол (по модулю) на который прокрутились сервомоторы роботов. Для каждого сервомотора общий пробег считается индивидуально.

Интегральный показатель нагрузки, в дополнение к оценке пробега, учитывает фактор нагрузки на сервомотор при выполнении операций. Для подсчета показателя вычисляется средняя нагрузка с датчиков во время движения. Значение нагрузки берется по модулю, то есть не зависимо от направления приложения усилия, в процентах от максимального значения, в те моменты, когда изменяются значения энкодеров сервомоторов.

В дополнение к показателю износа важно оценить общее время простоя оборудования. Это время, в течение которого робот или иное устройство не выполняло никакой задачи. Данные нужно выводить как в абсолютных значениях времени, так и в процентах от общей длительности рабочих смен. В рамках конкурсного задания время простоя нужно рассчитать для обоих роботов.

Сводными статистическими данными, которые необходимо собирать и вычислять являются:

* Количество выполненных (начатых) сборок;
* Количество прерванных сборок;
* Количество брака;
* Количество годных изделий;
* Количество неверных изделий;
* Количество неверных кодов изделий;
* Время простоя оборудования.

Количества годных, неверных изделий и брака должны собираться как по данным системы распознавания, так и по информации с интерфейса экспертного контроля качества изделий.

Сводными мониторинговыми параметрами являются:

* Наработка (время работы);
* Пробег;
* Показатель нагрузки.

Суммарные накопленные значения (общая длительность смены, время простоя оборудования, объем брака, объем выхода годной продукции, количество неверных запросов, КПЭ, суммарный пробег, степень износа с учетом нагрузки и прочее должны выводиться в виде числовых значений.

**Веб-интерфейс руководителя производства (начальника смены)**

Интерфейс руководителя производства должен активироваться (открываться) запуском одного дашборда с заданным наименованием. Структура и наполнение интерфейса должны соответствовать рекомендациям (проекту), представленным в модуле 1 для данного интерфейса, а также техническому заданию на разработку веб-интефейсов в пользователей

Интерфейс должен быть функционален сразу после открытия и должен отображать данные в реальном времени с незначительными задержками (обусловленными особенностями технологии «Интернета вещей»). Все настройки параметров сохранения, отображения, допустимых и критических значений должны сохраняться при закрытии дашборда.

Окна текстовых логов должны отображать сообщения за заданный период сразу после открытия дашборда.

Интерфейс руководителя производства должен содержать кнопку запуска автоматической сборки в левом верхнем углу интерфейса. Эта кнопка должна запускать все необходимые процессы, в том числе сбора данных, расчета аналитики и прочих, соответствующих заданию.

На веб-интерфейсе руководителя производства должна быть реализована возможность открыть веб-интерфейс для просмотра отладочной информации (отдельного дашборда для логов).

**Визуализация данных мониторинга работы производственной ячейки**

В составе интерфейса руководителя производства необходимо реализовать режим мониторинга хода изготовления изделий, совмещая данные приходящие с оборудования и состоянием выполнения алгоритма сборки изделий.

Виртуальная модель представляет собой набор линейчатых индикаторов, каждый из которых отображает прогресс выполнения работ на каждом участке, а также набора числовых индикаторов. Кроме того, в модель размещаются общие индикаторы выполнения всего цикла (линейчатый и числовой), а также индикатор для оценки времени с начала выполнения сборки и всего времени сборки.

Пример визуализации приведен на рисунке (значения выбраны случайным образом).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сборка изделия: активно  Номер: 121 |  |  | | | | | | | | | |  |
| Робот № 1 | 8 / 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Робот № 2 | 2 / 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Весь цикл | 40% |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2:15 из 3:55 |
|  |  |  | | | | | | | | | |  |

Рис. Схема визуализации прогресса сборки на примере системы с двумя роботами. В алгоритме робота № 1 число рабочих операций равно 10, а у робота № 2 – 3. До окончания сборки осталось немного больше полутора минут.

Также на веб-интерфейсе руководителя производства должны отображаться схемы рабочей зоны с визуализацией работы оборудования и статистические данные по работе гибкой производственной линии.

Сбор статистически данных и их визуализация выполняются с учетом контроля рабочей смены.

## Автоматизированный контроль качества изготовления изделий

Одним из эффективных способов повышения эффективности работы гибких производственных линий является автоматизированный контроль дефектов (корректности сборки).

С этой целью в состав гибкой производственной ячейки включена смарт-камера в режиме считывания идентификаторов деталей на шасси аккумуляторной батареи.

Смарт-камера регулярно возвращает значения о расположении деталей на координатной пластине. Приложение должно использовать эти данные в том числе для поиска дефектных изделий.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Полученные данные |  | Схема размещения | | | |  | Вычисленный код |
|  |  |  |  |  |  |  | Сбой сборки |
| 0 2 |  |  |  | 2 |  |  |
| 13 15 |  |  | 13 | 15 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Рис. Пример фрагмента интерфейса эксперта оценивания качества сборки (для условной сборки 2х2), в ячейках подсвеченным зеленым цветом исправные ячейки, в желтой — частично неисправная, в ячейке отмеченной красным вообще нет элемента.

Полученные данные должны быть визуализированы путем отображения сетки с размещенными деталями, а также выводом заключения, например, некорректном расположении деталей.

Визуализация должна выполняться на интерфейсе экспертного контроля качества для помощи инспектору-оценщику.

ВАЖНО! Смарт-камера считывает расположение идентификаторов элементов, но данные о характеристиках элементов можно получить только на основании диагностики (через диагностический разъем батареи).

***Представление мониторинговых данных в виде схем рабочих зон***

Для удобства контроля работоспособности оборудования в систему управления необходимо включить визуализацию перемещения оборудования.

Минимальный функционал визуализации движения роботов должен включать отображение проекции положения основания робота и зон интереса внутри рабочих зон. В наилучшем случае визуализация движения выполняется отображением следа из нескольких предыдущих промежуточных позиций инструмента робота, измеренных с частотой поступления данных с оборудования (роботов).

Рекомендуемая функциональность визуализации для роботов должна включать схему перемещения инструмента робота.

Для улучшения восприятия движения робота за положением инструмента может следовать линия не менее чем из пяти сегментов, указывающих на предыдущие положения инструмента в моменты получения предыдущих пакетов данных.

Визуализация должна быть синхронизирована с работой оборудования с учетом запаздывания, вызванного пересылкой мониторинговых данных (оценочно – в пределах 5 секунд).

Пример визуализации (для одного робота) приведен на рисунке.

|  |
| --- |
| **P**  Робот №  (тип робота) |

Рис. Схема рабочей зоны с примером визуализации работы робота-манипулятора с координатным управлением. Приведен пример для робота с двумя зонами размещения деталей и зоной парковки.

ВАЖНО! Приведенный пример визуализации избыточно насыщен графическими элементами. В задании не требуется столько подробно прорисованный вариант визуализации.

Рекомендуется экспертам провести особое разъяснение с примером схемы визуализации, которая будет считаться достаточной в рамках конкретного чемпионата, поскольку вид схемы в значительной степени зависит от установленных в систему Node-RED дополнительных модулей (расширений).

ВАЖНО! Визуализация движения робота должна выполняться по получаемым с оборудования мониторинговым данным! То есть, при включении режима «свободного перемещения», когда робот не удерживает свою позицию и его можно двигать принудительно, траектория движения инструмента всё равно должна рисоваться.

## Автоматизированный и экспертный учет при контроле качества изготовления изделий

Браком считается ситуация, когда реальная последовательность рабочих операций не совпадает необходимым набором операций или по каким-то причинам сборку не удалось выполнить верно. Неверным изделием считается такое, которое не соответствует Правилу обработки изделий.

Автоматизированный контроль выполняется созданным участниками программным обеспечением на основе данных, полученных со смарт-камеры после установки всех «ремонтных» элементов роботом, то есть на предпоследнем этапе обработки изделия.

Контроль верности (качества) изготовления изделия выполняется экспертом после окончания обработки и включения индикации о завершении работы.

Для автоматизации учета результатов контроля качества изделий и обеспечения работы эксперта необходимо реализовать отдельный веб-интерфейс с числовыми индикаторами, отображающими:

* Общее количество циклов обработки;
* Общее количество неверных изделий;
* Общее количество бракованных изделий
* Общее количество верно изготовленных изделий

Также на данном интерфейсе (дашборде) должны находиться кнопки:

* Верное изделие
* Брак
* Неверное изделие

Нажатие на которые приводит к учету соответствующего результата экспертизы.

Также необходимо сопоставлять результаты оценивания при автоматизированном и полуавтоматизированном контроле качества изделий. Для этого на интерфейс экспертного контроля необходимо вывести данные, полученные со смарт-камеры и сообщение о соответствии данных необходимым требованиям, в том числу Правилу обработки изделий.

Данные об оценивании (автоматизированном и экспертном) необходимо собирать в базе данных.

Результаты сличения двух вариантов оценивания нет необходимости сохранять. Данная функция считается «экспериментальной», то есть введенной в систему для дальнейшего развития функциональности.

## Просмотр технической информации (отладочный веб-интерфейс)

В процессе работы гибкой производственной линии должна накапливаться техническая информация, такая как логи операций, выполняемых роботами.

Корректным считается только логирование, при котором каждой записи соответствует временная отметка соответствующего события. Рекомендуется реализовать возможность задания временного периода вывода данных отладки. Данные отладки должны предоставляться в текстовом виде, как текстовые сообщения, пригодные для чтения человеком.

Следующие логи представляют интерес для задачи настройки и обслуживания гибкой производственной ячейки:

* Лог ошибок оборудования
* Лог команд, выполняемых роботами.
* Лог общих информационных сообщений, таких как сообщение о начале смены
* Лог критических значений (перегрев, высокая нагрузка, нарушения периметра безопасности и прочее)
* Лог превышения допустимых значений оборудования (выход за рабочую зону)

Рекомендуется также собирать информацию о поступающих кодах со смарт-камеры, штрих-код ридера и прочим событиям.

**Финализация проекта. Подготовка документации по работе над проектом.**

По окончанию работ по созданию программных модулей системы управления, необходимо выполнить финализацию отчетности по работе над проектом. Часть необходимых документов уже была подготовлена в модуле A.

Пакет документации должен включать результаты калибровки (определения корректных значений) для позиций учебных роботов и датчиков светового барьера.

Кроме того, в пакет должны быть включены материалы менеджмента проекта и инструкционные материалы, подготовленные для сдачи модулей Б, В и Г.

Проектная документация может предоставляться в электронной, печатной и рукописной форме.

Пакет документов в любом случае должен содержать основной файл, включающий опись. Данный документ предоставляется в форме файла в формате Portable Document Format (Adobe PDF), формат имени файла: TeamX\_Module4.pdf, где Х-номер команды.

В описи должны содержаться указания на включение бумажных документов, выполненных на листах А4, если таковые имеются.

В данном файле может быть указан состав дополнительной документации (приложения), размещенные в отдельных файлах, например, схемы, рисунки и таблицы.

Дополнительные файлы должны иметь такое же имя, как основной файл с дополнением «\_applicaionN» - где N – номер приложения.

Основной файл должен обязательно содержать титульный лист и оглавление, указывающее на содержание включенных в него частей.

Все документы должны быть подписаны (иметь наименования) в верхнем (правом-верхнем) углу листов. Если документ содержит несколько листов, то также должны быть указаны страницы (т.е., например, страница M из N).

**Состав работ**

Подготовить отчетные материалы по разработке системы мониторинга и управления технологическим процессом для заданного производственного модуля.

Техническое описание должно содержать:

* контрольные листы проверки (чек-листы) работы над проектом системы (модуль А);
* документы (протоколы) по управлению ресурсами при работе над модулем А;
* инструкционные материалы к оценке модуля Б;
* контрольные листы проверки (чек-листы) функциональности системы мониторинга (модуль Б);
* документы (протоколы) по управлению ресурсами при работе над модулем Б;
* инструкционные материалы к оценке модуля В;
* контрольные листы проверки (чек-листы) функциональности системы мониторинга (модуль В);
* документы (протоколы) по управлению ресурсами при работе над модулем В;
* инструкционные материалы к оценке модуля Г;
* контрольные листы проверки (чек-листы) функциональности системы мониторинга (модуль Г);
* документы (протоколы) по управлению ресурсами при работе над модулем Г;

Контрольные листы проверки могут содержать сокращенные надписи или применять неясные обозначения. В этом случае необходимо подготовить комментарии, которые позволят понять, как была организована и выполнялось тестирование и отладка. Также необходимо представить заключение по завершенности работ по каждому модулю;

Документы по управлению ресурсами – это материалы по организации работы над проектом, управлении временем работы и распределением задач, как актуальный график распределения работ;

Инструкционные материалы готовятся для группы оценивания и содержат указание на выполненные части задания, выбранные проверочные коды и действия, которые нужно выполнять, чтобы убедиться в функционировании типовых задач с использованием созданной системы, в том числе по настройке схем сборки изделий, а также по настройке целевых позиций, допустимых и критических значений параметров;

В комплект можно приложить прочие материалы по предлагаемому варианту решения, включая описание процедур, организацию взаимодействия с пользователем, описание пользовательского интерфейса, проект архитектуры системы управления, если это требуется для понимания работы и способов использования системы.