

Для цитирования: Д.Ф. Мамедов, К.С. Абдуллаев, З.М. Мурадлы, Е.М. Гасанова, С.Б. Алиева. Разработка фрейм модели для выбора и проектирования гибкой производственной системы. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020; 47 (1):93-101. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-93-101.

For citation: J.F. Mamedov, K.S. Abdullaev, Z.M. Muradli, E.M. Hasanova, S.B. Alieva. Development of frame models for the selection and design of a flexible production system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47 (1): 93-101. (in Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-93-101

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 556.536:631.4

DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-93-101

РАЗРАБОТКА ФРЕЙМ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Д.Ф. Мамедов, К.С. Абдуллаев, З.М. Мурадлы, Е.М. Гасанова, С.Б. Алиева.

Сумгаитский государственный университет,
AZ5008, г. Сумгаит, 43-й квартал, Азербайджан

Резюме. Цель. Целью исследования является разработка алгоритмического обеспечения на основе фрейм модели для информационного поиска и выбора гибкой производственной системы (ГПС), ее технических единиц и системы управления в соответствии со схемой технологического процесса. **Метод.** Для создания алгоритма поиска и выбора применяется интеллектуальный метод на основе фрейм моделирования. Для программирования фрейм модели используется программный язык представления знаний FRL. **Результат.** В соответствии с темой материала для обеспечения управления и эксплуатации архивами проектных работ, был проведен сравнительный анализ алгоритмов информационного обеспечения, позволяющие выбирать гибкие производственные системы (ГПС), их стандартные элементы, производственные модули, компоновочные схемы и набор сведений об их параметрах или местоположению документов. была поставлена задача и реализована модель создания алгоритмического обеспечения на основе фрейм моделирования для эффективного поиска и выбора ГПС, ее производственных модулей и активных элементов в соответствии с областью применения производства и назначениями каждой технической единицы. **Вывод.** Для обеспечения надежного функционирования АСУ ГПС в целом предложен алгоритм поиска датчиков на основе фреймовых слотов и значений достижимой погрешности позиционирования промышленных роботов и технологического оборудования. Предложен алгоритм поиска датчиков и управления активными элементами производственного модуля гибкой производственной системы.

Ключевые слова: фрейм моделирование, гибкая производственная система, алгоритм поиска и выбора, слот фрейма, граф-схема

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

DEVELOPMENT OF FRAME MODELS FOR THE SELECTION AND DESIGN OF A FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEM

J.F. Mamedov, K.S. Abdullaev, Z.M. Muradli, E.M. Hasanova, S.B. Alieva

*Sumgait State University,
43 quarter, Sumgait AZ5008, Azerbaijan*

Abstract. Aim. The aim of the study is to develop algorithmic support based on a frame model for information retrieval and selection of a flexible manufacturing system (FMS), as well as its technical units and control system in accordance with a process flow diagram. **Method.** An intelligent method based on a frame model is used in order to create a search and selection algorithm. The FRL programming language was used for programming the frame model. **Results.** In accordance with the published guidelines for ensuring the management and operation of archival design work, a comparative analysis of information support algorithms was carried out in order to select flexible production systems (FPS) comprising standard elements, production modules, layout schemes and a set of information about their parameters or the location of documents. The model for creating algorithmic support was based on the modelling frame for the effective search and selection of the FMS, while its production modules and active elements were implemented in accordance with the scope of production and the purposes of each technical unit. **Conclusion.** To ensure the reliable functioning of the FMS automatic control system, an algorithm is proposed for searching sensors based on frame slots and achievable positioning errors of industrial robots and technological equipment. An algorithm for locating sensors and controlling the active elements of an FMS production module is presented.

Keywords: modeling frame, flexible production system, search and selection algorithm, frame slot, graph diagram

Введение. Экономический рост развивающихся стран во многом зависит от внедрения в свою индустрию производств с наиболее прогрессивными технологиями по автоматизации и управлению. Одними из таких инновационных систем является гибкие производственные системы (ГПС), которые обеспечивают качественный выпуск продукции различного назначения с использованием гибких автоматизированных технологий управления. Применение достаточно большого количества предприятий в различных областях промышленности, взаимосвязанных корпораций и технологических парков из-за отсутствия их глобального информационного обеспечения в определенной мере усложняет процесс поиска и выбора подобных проектов ГПС, особенно на начальных этапах их разработки.

Сравнительный анализ существующих методов поиска документов по проектам ГПС [1; 2, стр. 156-195; 3] показал, что из-за многофункциональности и сложности подобных технических систем, возникают трудности с правильным выбором ее технологического оборудования, промышленных роботов, манипуляторов, автоматизированной системы управления (АСУ) и их компоновки.

В этих работах процесс поиска и выбора активных элементов ГПС осуществляется пользователем интуитивно за счет накопленного опыта в этой области. Для информационного поиска применяются отдельные алгоритмы с использованием продукционных моделей [4], которые недостаточно обеспечивают точный поиск и выбор технических единиц для разных областей применения из-за невозможности детального описания объекта проектирования и использования большого количества продукции и, соответственно, использования системной памяти. В этой связи, рассмотрение вопроса по созданию алгоритма автоматизированного поиска и выбора активных элементов ГПС с помощью фрейм модели, обеспечивающей поэтапное структурное моделирование в зависимости от области применения, является научно-актуальной проблемой.

Постановка задачи. Целью данной статьи является разработка алгоритмического обеспечения на основе фрейм модели для информационного поиска и выбора ГПС, ее технических единиц и системы управления в соответствии со схемой технологического процесса. Для реализации цели были определены нижеследующие вопросы:

1. Разработка алгоритма фрейм моделирования для поиска и логического выбора подобного ГПС для дальнейшего ее проектирования.
2. Создание схемы поиска ГПС, ее оборудования, компоновки и АСУ на основе граф - схемы фрейм модели.
3. Построение компоновочной схемы ГПС в соответствии с результатами алгоритма информационного поиска.
4. Создание алгоритма для достоверного поиска датчиков АСУ ГПС на основе фрейм модели.
5. Создание алгоритма управления на примере производственного модуля ГПС с использованием логических условий-переходов.

Методы исследования. Для создания алгоритма поиска и выбора применяется интеллектуальный метод на основе фрейм моделирования.

Фрейм-модель представляется в виде следующей конструкции [4, стр. 340-365]:

$$f = [< r_1, v_1 >, < r_2, v_2 >, \dots, < r_n, v_n >], \quad (1)$$

где f — имя фрейма; r_i — имя слота; v_i — значение слота.

В качестве значений слотов выступают имена других фреймов, что обеспечивает связь между фреймами. За ключевое слово поиска выбирается имя фрейма (протофрейм), который записывается в виде:

$$f_{kc} \rightarrow \text{«Гибкая производственная система»}. \quad (2)$$

Чтобы осуществить достоверный поиск и точный выбор объекта проектирования (ГПС) необходимо ввести соответственно имя и значение слота $< r_j, v_j >$ в виде:

$$\begin{aligned} f_{kc} = [< r_1 \rightarrow \text{Область применения}, v_{1j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \\ < r_2 \rightarrow \text{Производство}, v_{2i} \in \{v_{21}, v_{22}, v_{23}\} > \\ < r_3 \rightarrow \text{Оборудование}, v_{3k} \in \{v_{31}, v_{32}, \dots, v_{37}\} > \\ < r_4 \rightarrow \text{Компоновка ГПС}, v_{4i} \in \{v_{41}, v_{42}, v_{43}\} > \\ < r_5 \rightarrow \text{Система управления ГПС}, v_{5i} \in \{v_{51}, v_{52}, v_{53}\} >], \end{aligned} \quad (3)$$

где v_{11} - автомобилестроение; v_{12} - машиностроение; v_{13} - приборостроение; v_{14} — металлургия; v_{21} - легковой автомобиль; v_{22} - грузовой автомобиль; v_{23} — электромобиль; v_{31} — токарный станок (ТС); v_{32} - фрезеровочный станок (ФС); v_{33} — сверлильный станок (СС); v_{34} - шлифовальный станок (ШС); v_{35} - гибочный станок (ГС); v_{36} — промышленный робот (ПР) сварочный; v_{37} - промышленный робот погрузочный; v_{41} - последовательная компоновка; v_{42} - круглая компоновка; v_{43} — параллельная компоновка; v_{51} - АСУ на базе SCADA TRACE MODE; v_{52} - АСУ на базе микропроцессорной системы управления (PLC Network); v_{53} — АСУ на базе PLC Simatic.

На основе предлагаемого протофрейма, из установленных значений слотов r_i составляется схема поиска ГПС и ее модулей для выпуска легковых автомобилей различных моделей с дальнейшим выбором компоновки гибких производственных модулей, технологических оборудования, промышленных роботов и АСУ (рис. 1).

Как видно из рис. 1, поиск и выбор ГПС, ее системы управления осуществляется поэтапно, начиная вводом ключевого слова как в выражении (2).

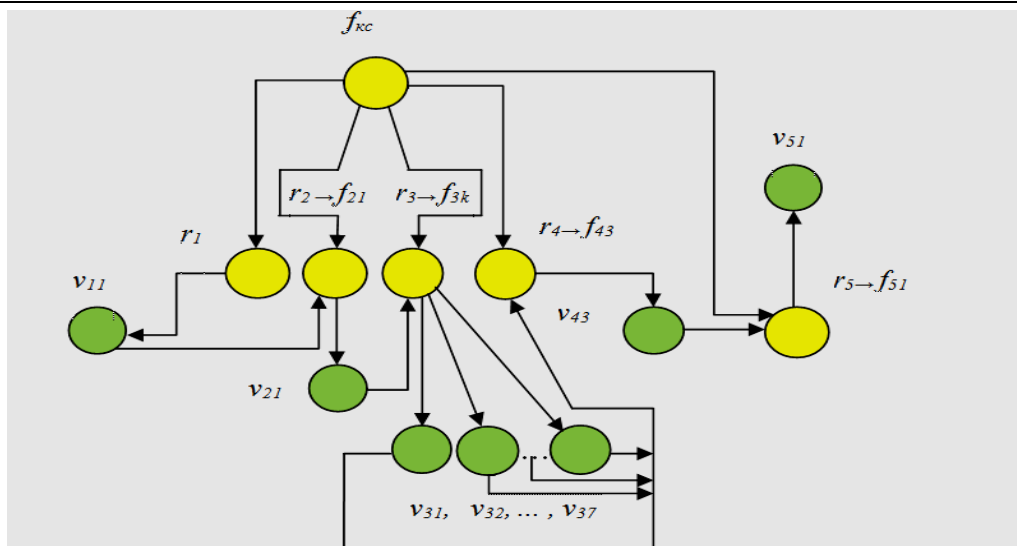


Рис. 1. Схема поиска и выбора ГПС, ее оборудования и АСУ
Fig. 1. The scheme of search and selection of GPS, its equipment and ACS

Далее из выражения (3) выбираются наименования слотов r_i , которые преобразуются в имена фреймов (f_{21} , f_{3k} , f_{43} , f_{51}). На основе фреймов f_{21} , f_{3k} , f_{43} , f_{51} реализуются поиск и выбор ГПС, ее системы управления по производству легковых автомобилей, со всем оборудованием, с параллельной их компоновкой и автоматизированной системой управления на базе SCADA TRACE MODE.

Фрейм модель с выводами поэтапного выбора области применения производства, вида выпускаемой продукции, типов технологического оборудования, промышленных роботов, компоновочной схемы ГПС и автоматизированной системы управления записывается в виде логических выражений следующим образом:

Если $\langle r_1, v_{11} \rangle$ тогда $\langle r_2, v_{21} \rangle$, где $r_2 \rightarrow f_{21}$;

Если $\langle r_2, v_{21} \rangle$ тогда $\langle r_3, v_{3i} \rangle$, где $r_3 \rightarrow f_{3k}$;

$\exists v_{3k} \in \{v_{31}, v_{32}, \dots, v_{37}\}$;

Если $\langle r_3, v_{3k} \rangle$ тогда $\langle r_4, v_{43} \rangle$, где $r_4 \rightarrow f_{43}$;

Если $\langle r_4, v_{43} \rangle$ тогда $\langle r_5, v_{51} \rangle$, где $r_5 \rightarrow f_{51}$.

На основе выше представленного алгоритма формируется ГПМ с параллельной компоновочной схемой, стандартными оборудованиями и автоматизированной системой управления на базе SCADA TRACE MODE (рис. 2).

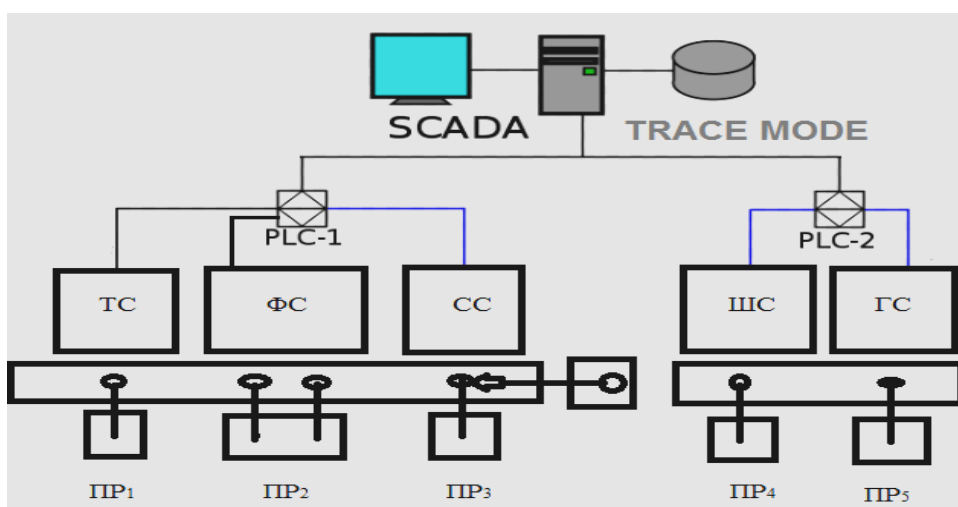


Рис. 2. Компоновочная схема ГПС с АСУ на базе SCADA TRACE MODE
Fig. 2. The layout of the GPS with ACS based on SCADA TRACE MODE

После определения значений всех слотов и подфреймов осуществляется конструкторское построение компоновочной схемы ГПС с размещением промышленных роботов и технологического оборудования [5], а также автоматизированной системы управления на базе SCADA TRACE MODE [6].

Вопрос выбора технического решения автоматизированного управления ГПС на базе TRACE MODE реализуются в четыре этапа: выбор аппаратных средств периферийного уровня системы и сетевого оборудования; организация структуры информационных потоков в системе; определение регламента информационного трафика, настройка серверов TRACE MODE.

Структура информационных потоков в АСУ ГПС должна обеспечивать необходимый уровень надежности и производительности.

Процесс выбора элементов системы управления и контроля ГПС формируется на основе предложенной компоновочной схемы производственных участков ГПС и их схемы автоматизации. На основе требований к точности позиционирования манипуляционного объекта на рабочих зонах производственной линии ГПС определяется суммарная погрешность позиционирования. При этом погрешность установки объекта в приспособление оборудования складывается из двух составляющих: погрешности несовпадения центра формы детали с определенным центром в оборудовании и погрешности ориентации по углу относительно некоторой оси.

Создание алгоритма выбора датчиков и алгоритма управления производственного модуля ГПС. Характеристики объектов манипулирования в технологическом маршруте ГПС оказывает влияние на выбор типа и структуры систем очувствления, конструкцию исполнительного устройства и функции промышленных роботов в производственном модуле. Характеристики объекта манипулирования определяют тип рабочей зоны активных элементов ГПС.

Исходя из оценки достижимой погрешности позиционирования, выбираются датчики для АСУ ГПС [7]:

$$\frac{S_i k_{\Delta}}{D_n} \leq \Delta_i \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где S_i – перемещение степени подвижности; $k_{\Delta} = 1,5 \div 3$ – коэффициент, учитывающий качество измерительных цепей системы управления; Δ_i – погрешность позиционирования робота, с тремя степенями подвижности, функционирующего в гибком производственном модуле.

Значение погрешности позиционирования выбирается из справочника; D_n – число дискрет индуктивного датчика измерения и углового перемещения промышленного робота.

В соответствии с выражениями (1) и (4) определяются значения слотов фреймовой модели для поиска и выбора элементов системы управления ГПС в нижеследующем виде:

$F_{АСУ ГПС} = [< r_6 \rightarrow \text{объект применения, } v_{6j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \{v_{6j}, v_{6j}, \dots, v_{611}\} >,$
где $j=11$ - количество технологического оборудования и промышленных роботов в ГПС.

$< r_7 \rightarrow S_i, v_{7j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \{v_{7j}, v_{7j}, \dots, v_{711}\} >$, где учитывается степень подвижности для каждого активного элемента ГПС.

$< r_8 \rightarrow k_{\Delta}, v_{8j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \{v_{8j}, v_{8j}, \dots, v_{811}\} >$, где коэффициент качества измерительных цепей системы управления учитывается для всех активных элементов ГПС.

$< r_9 \rightarrow \Delta_i, v_{9j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \{v_{9j}, v_{9j}, \dots, v_{96}\} >$, где погрешность позиционирования учитывается для промышленных роботов ГПС. $j=6$ - количество роботов в ГПС.

$< r_{10} \rightarrow D_n, v_{10j} \in \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{14}\} >, \{v_{10j}, v_{10j}, \dots, v_{106}\} >$, где число дискрет индуктивного датчика измерения и углового перемещения учитывается для каждого промышленного робота ГПС.

На основе алгоритма поиска типов датчиков ГПС выбирается соответствующий датчик для того или иного оборудования и промышленного робота, обеспечивающий надежное функционирование АСУ ГПС в целом.

База данных датчиков системы управления для активных элементов ГПС представляется в виде фактов рекурсивной процедуры, где основу составляют активные элементы ГПС, их технологически - функциональные характеристики и параметры (табл.1) [8, 9]:

Таблица 1. Технологически - функциональные характеристики и параметры активных элементов ГПС

Table 1. Technologically - functional characteristics and parameters of active GPS elements

%	Место установки Installation location	Символ Symbol	Фиксирование Fixation	Параметр Parameter
датчик sensor	захват <i>PP capture</i>	$D_{з_i}$	наличие заготовки stock availability	-
датчик sensor	захват <i>PP capture</i>	$\neg D_{з_i}$	отсутствие заготовки lack of workpiece	-
датчик sensor	рука <i>PP arm</i>	$D_{нв_i}$	перемещение вперед moving forward	Δl
датчик sensor	рука <i>PP arm</i>	$\neg D_{нн_i}$	перемещение назад moving back	Δl
датчик sensor	рука <i>PP arm</i>	$D_{нов_i}$	перемещение вверх moving up	Δh
датчик sensor	рука <i>PP arm</i>	$\neg D_{нен_i}$	перемещения вниз moving down	Δh
датчик sensor	рука <i>PP arm</i>	D_{φ_i}	вращательное перемещение rotational movement	$\Delta \varphi$
датчик sensor	основание TO_i base	$D_{мо_i}$	наличие заготовки stock availability	-
датчик sensor	основание TO_i base	$\neg D_{мо_i}$	отсутствие заготовки lack of workpiece	-
датчик sensor	основание TO_i base	$D_{мо_2}$	начало выполнения операции start of operation	-
датчик sensor	основание TO_i base	$\neg D_{мо_3}$	конец выполнения операции end of operation	-

где Δl – перемещение руки PP_i вперед или назад вдоль оси X или Y трехмерной координатной оси; Δh -перемещение руки PP_i вверх или вниз вдоль оси Z трехмерной координатной оси; $\Delta \varphi$ - угловое перемещение руки PP_i вокруг оси Z трехмерной координатной оси.

Для выбора значений параметров из базы данных осуществляется запрос по обозначенным символам датчиков в следующей форме [10]:

| ? – датчик ($D_{нв}$, Параметр). Параметр = Δl .

Для определения других параметров из базы данных аналогичным образом осуществляются подобные запросы.

Следующим этапом создания автоматизированной системы управления ГПС является разработка алгоритма управления, характеризующая логическими условиями-переходами в зависимости от производственного цикла.

Для разработки алгоритма управления поэтапно анализируется схема автоматизации ГПС; задаются исходные параметры, характеризующие перемещения кинематических звеньев PP_i и оборудования, номера заготовки, имена сенсорных и исполнительных элементов в соответствии с функциональными назначениями; на основе рекурсивной процедуры [11] составляется модель управления производственного модуля [12].

Обсуждение результатов. Система управления ГПС функционирует следующим образом: осуществляется прием информации управляющей микропроцессорной системой о фиксировании наличия заготовки на исходной позиции автоматизированной транспортной системы (АТС_i); срабатывают сенсорные и исполнительных органы ПМ_i; начинается выполнение технологических функций обслуживающего промышленного робота ПР_i, который обеспечивает безопасное перемещение по установленным обобщенным координатам, загрузку (усилие зажима заготовки не должно превышать установленной нормы для предотвращения брака на ее поверхности) и разгрузку заготовки на оборудования; далее информация о завершении технологических операций передается в управляющую систему подсистемы производства (ГПС), которая в свою очередь после обработки текущей информации от устройства по определению дефектов изделий, передает команду исполнительному органу промышленного робота на установку готового изделия либо на АТС для готовой продукции, либо на стол для бракованных изделий [13].

При этом координаты активных элементов задаются по ранее определенным параметрам из табл. 1.

Как исходные данные для разработки алгоритма управления задаются типы датчиков, исполнительных механизмов и заготовок. Обобщенная форма алгоритма управления ГПС представляется в виде продукций с истинными выражениями и логическим следствием следующим образом [14]:

$$\begin{array}{l}
 \% \text{ имена переменных:} \\
 \% \text{ } AZ_i - \text{заготовка} \\
 \% \text{ } D_i - \text{датчики с функциональными назначениями} \\
 \% \text{ } ИМ_i - \text{исполнительные механизмы с функциональными назначениями} \\
 \\
 \% \quad \text{истинное выражение (} A_i^j \text{)} \quad \text{логическое следствие (} B^j \text{)} \quad Z_i \\
 \text{если_тогда (} D_{1i}^1 \wedge D_{2i}^1 \wedge \dots \wedge D_{ni}^1 \text{)} \Rightarrow ИМ_{1i}^1 \wedge ИМ_{2i}^1 \wedge \dots \wedge ИМ_{ni}^1 \quad 3_i) \\
 \text{если_тогда (} D_{1i}^2 \wedge D_{2i}^2 \wedge \dots \wedge D_{ki}^2 \text{)} \Rightarrow ИМ_{1i}^2 \wedge ИМ_{2i}^2 \wedge \dots \wedge ИМ_{ni}^2 \quad 3_i) \\
 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \text{если_тогда (} D_{1i}^m \wedge D_{2i}^m \wedge \dots \wedge D_{ki}^m \text{)} \Rightarrow ИМ_{1i}^m \wedge ИМ_{2i}^m \wedge \dots \wedge ИМ_{ni}^m \quad 3_i).
 \end{array}$$

Разработанный алгоритм управления участков ГПС позволяет анализировать и описывать условия функционирования исполнительного механизма каждого активного элемента; производить синтез управляющих воздействий, программным путем автоматически осуществлять анализ текущей информации о состоянии объекта, обеспечивать максимальное быстродействие в управлении [15].

Вывод. Разработанный алгоритм по поиску проекта ГПС на основе фрейм моделирования, позволяет из достоверных источников в глобальной компьютерной сети точно выбрать оборудование, промышленных роботов, их компоновочную схему и автоматизированную систему управления, а также предложить окончательную достоверную компоновочную и автоматизированную схему.

Для обеспечения надежного функционирования АСУ ГПС предложен алгоритм поиска датчиков и управления активными элементами производственного модуля ГПС. Для программирования фрейм модели используется программный язык представления знаний FRL.

Библиографический список:

1. Алексейчук А.Е. и др. Управление знаниями и системы автоматизированного проектирования. Материалы конференции и выставки "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта. CAD/CAM/PDM-2001".
2. Вороненко, В.П. Проектирование производственных систем в машиностроении: Учеб. пособие / В.П.Вороненко, Ю.М.Соломенцев, А.Г.Схиртладзе, А.И.Пульбере. – Тирасполь: РИО ПГУ, 2001. – 349 с.

3. Зинченко Ю.В., Голобородько А.А. Обзор современных систем автоматизированного проектирования. Омский государственный технический университет, № 4(21), 2016, стр. 68-71.
4. Джордж Ф.Л. Искусственный интеллект, стратегии и методы решения сложных проблем // Нью-Мексиканский университет, «Вильямс». – М: СПб – Киев, 2005. – 863 с.
5. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. – М.: Машиностроение, 2010. – 352 с.
6. Анзимиров Л.В. Интегрированная SCADA и Softlogic система TRACE MODE5 2002 году, №1, 2002, стр. 15- 22.
7. Мамедов Дж.Ф., Алиев Р.А., Ахмедов М.А. Разработка инструментария автоматизированного проектирования системы управления ГПС. -М.: Мехатроника, Автоматизация, Управление, №9, 2005, стр. 27-35.
8. Мамедов Дж.Ф., Талыбов Н.Г., Гусейнова А.С. Вопросы применения программного пакета для выбора стандартных деталей оборудования ГПС. Ученые записки АзТУ, Баку, XIII том, №2, 2004, с. 36-40.
9. Mamedov J.F., Huseynov A.H. Application of the intelligence and mathematical models for computing design of the flexible manufacturing module. Applied and computational mathematics, An International Journal, Volume 2, №1, 2003, p. 42-47.
10. Gero J.S.. Expert systems in computer-aided design. – Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, Amsterdam, 2007, p. 230-243.
11. Джордж Ф.Л. Искусственный интеллект, стратегии и методы решения сложных проблем // Нью-Мексиканский университет, «Вильямс». – М: СПб – Киев, 2005. – 863 с.
12. Akhmadov M.A., Mamedov J.F. The option of flexible machining cell composes structure by means of minimization of branching time of industrial robot movement. The news of Azerbaijan Scientific Academy. Physic-technical and mathematical scientist, v. XXI, №3, Baku - 2001, p. 104-108.
12. Bruccoleri M., Sergio N. and Perrone G., “An object-oriented approach for flexible manufacturing controls systems analysis and design using the unified modeling language”. Int. J. Flexible Manuf. Syst. 2003, № 15 (3), pp. 195–216.
13. Кирюхин В. М., Зайцев К. С. Операционное управление в гибких производственных системах. М.: МИФИ, 2006. — 92 с.
14. El-Tamimi A. M., Abidi M.H., HammadMian S. and Aalam J. “Analysis of performance measures of flexible manufacturing system” Journal of King Saud University – Engineering Sciences 24, 2012, pp.115–129.
15. Mamedov J.F., Huseynov A.H. Algorithmic and programmatic providing of the automated design of the flexible productive system // design Information technologies in planning and production. Scientific and technical magazine, Moscow. №1, 2011, pp 49-52.

References:

1. Alekseychuk A.Ye. i dr. Upravleniye znaniyami i sistemy avtomatizirovannogo proyektirovaniya. Materialy konferentsii i vystavki "Sistemy proyektirovaniya, tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta. CAD/CAM/PDM-2001". [Alekseychuk A.E. et al. Knowledge management and computer-aided design systems. Materials of the conference and exhibition "Design systems, technological preparation of production and life-cycle management of the industrial product. CAD / CAM / PDM-2001" (In Russ)]
2. Voronenko, V.P. Proyektirovaniye proizvodstvennykh sistem v mashinostroyenii: Ucheb. posobiye / V.P.Voronenko, YU.M.Solomentsev, A.G.Skhirtladze, A.I.Pul'bere. Tiraspol': RIO PGU, 2001. 349 s. [Voronenko, V.P. Design of production systems in mechanical engineering: Textbook. allowance / V.P. Voronenko, Yu.M. Solomentsev, A.G. Skhirtladze, A.I. Pulbere. Tiraspol': RIO PSU, 200. 349 p. (In Russ)]
3. [Zinchenko Yu.V., Goloborodko A.A. Overview of modern computer aided design systems. Omsk State Technical University, No. 4 (21), 2016, pp. 68-71. (In Russ)]
4. George F.L. Artificial Intelligence, Strategies, and Methods for Solving Complex Problems //New Mexico University, Williams. - M: St. Petersburg - Kiev, 2005 . 863 p.
5. Mel'nikov G.N., Voronenko V.P. Proyektirovaniye mekhanosbornochnykh tsekhov. – М.: Mashinostroyeniye, 2010. – 352 s. [Melnikov G.N., Voronenko V.P. Design of mechanical assembly shops. М.: Mechanical Engineering, 2010. 352 p. (In Russ)]
6. Anzimirov L.V. Integrirovannaya SCADA i Softlogic sistema TRACE MODE5 2002 godu, №1, 2002, str. 15- 22. [Anzimirov L.V. Integrated SCADA and Softlogic System TRACE MODE5 2002, No. 1, 2002, pp. 15-22. (In Russ)]
7. Mamedov Dzh.F, Aliyev R.A., Akhmedov M.A. Razrabotka instrumentariya avtomatizirovannogo proyektirovaniya sistemy upravleniya GPS. -М.: Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravleniye, №9, 2005, str. 27-35. [Mamedov J.F., Aliyev R.A., Akhmedov M.A. Development of tools for computer-aided design of a GPS control system. -М.: Mechatronics, Automation, Management, No. 9, 2005, pp. 27-35. (In Russ)]
8. Mamedov J.F., Talybov N.G., Huseynova A.S. Issues of using a software package for choosing standard GPS equipment parts. Scientific notes of AzTU, Baku, XIII volume, No. 2, 2004, pp. 36-40.
9. Mamedov J.F., Huseynov A.H. Application of the intelligence and mathematical models for computing design of the flexible manufacturing module. Applied and computational mathematics, An International Journal, Volume 2, No. 1, 2003, p. 42-47.
10. Gero J.S. Expert systems in computer-aided design. - Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, Amsterdam, 2007, p. 230-243.

11. George F.L. Artificial Intelligence, Strategies, and Methods for Solving Complex Problems // New Mexico University, Williams. - M: St. Petersburg - Kiev, 2005. 863 p.
12. Akhmadov M.A., Mamedov J.F. The option of flexible machining cell composes structure by means of minimization-branching time of industrial robot movement. The news of Azerbaijan Scientific Academy. Physic-technical and mathematical scientist, v. XXI, No.3, Baku - 2001, pp. 104-108.
12. Bruccoleri M., Sergio N. and Perrone G., "An object-oriented approach for flexible manufacturing controls systems analysis and design using the unified modeling language". Int. J. Flexible Manuf. Syst. 2003, No. 15 (3), pp. 195-216.
13. Kiryukhin V. M., Zaytsev K. S. Operatsionnoye upravleniye v gibkikh proizvodstvennykh sistemakh. M.: MIFI, 2006. — 92 s. [Kiryukhin V. M., Zaitsev K. S. Operational management in flexible production systems. M.: MEPhI, 2006. 92 p. (In Russ)]
14. El-Tamimi A. M., Abidi M.H., Hammad Mian S. and Aalam J. "Analysis of performance measures of flexible manufacturing system" Journal of King Saud University - Engineering Sciences 24, 2012, pp. 115-129.
15. Mamedov J.F., Huseynov A.H. Algorithmic and programmatic providing of the automated design of the flexible productive system // design Information technologies in planning and production. Scientific and technical magazine, Moscow. No. 1, 2011, pp. 49-52.

Сведения об авторах:

Мамедов Джаваншир Фирудин оглу, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации процессов; e-mail: cavan62@mail.ru

Абдуллаев Курбан Садых оглу, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой метрологии и стандартизации; e-mail: cavan62@mail.ru

Мурадлы Зияда Махал гызы, аспирант, кафедра автоматизация процессов; e-mail: cavan62@mail.ru

Гасанова Егана аспирант, аспирант, кафедра автоматизации процессов; e-mail: cavan62@mail.ru

Алиева Сабина Балакиши, аспирант, кафедра автоматизации процессов; e-mail: cavan62@mail.ru

Information about authors:

J.F. Mamedov, Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of the Department of Process Automation; e-mail: cavan62@mail.ru

Kurban S. Abdullaev, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Head of the Department of Metrology and Standardization; e-mail: cavan62@mail.ru

Ziyad M. Muradli, Graduate student, Department of Process Automation; e-mail: cavan62@mail.ru

Egan M. Hasanova, Graduate student, Department of Process Automation; e-mail: cavan62@mail.ru

Sabina B. Alieva, Graduate student, Head of the Department of Process Automation; e-mail: cavan62@mail.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 13.01.2020.

Принята в печать 20.02.2020.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.01. 2020.

Accepted for publication 20.02.2020.