

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ
КОНВЕЙЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЕКТОВ С НЕФИКСИРОВАННЫМИ
МАРШРУТАМИ ОБРАБОТКИ И РАЗЛИЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ
ЭТАПОВ**

INFORMATION MODEL OF SYSTEM OF PERFORMANCE OF
CONVEYORITION PROJECTS WITH UNSTABLE ROUTES OF
PROCESSING AND VARIOUS QUANTITY OF STAGES

УДК 004.272.22

Кротов К. В., доцент кафедры «Информационные системы»,
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
Дрозин А. Ю., старший преподаватель кафедры «Информационные системы»,
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Krotov K.V., krotov_k1@mail.ru

Drozin A.Yu., dronzin@mail.ru

Аннотация

Выполняется формулировка задачи построения расписаний конвейеризированных проектов, формируется информационная модель многоуровневой системы выполнения конвейеризированных проектов как совокупность множеств наборов параметров, характеризующих решаемые системой задачи конвейеризированной обработки. Описываются особенности системы с учетом наличия произвольного маршрута обработки в конвейере с переменным числом обрабатывающих устройств. Выполняется классификация задач, решаемых в многоуровневой системе выполнения

конвейеризированных программ с использованием аппарата иерархического программирования.

Annotation

The formulation of the task of construction of schedules of conveyer projects are completed, information model multilevel system of execution conveyer projects as of sets of parameters that characterize the task solved by the system are completed. The features of the system are described, considering the presence of an arbitrary processing route in a pipeline with a variable number of processing devices. The classification of tasks solved in a multilevel system for executing pipelined programs using the apparatus of hierarchical programming is carried out.

Ключевые слова: конвейеризированные проекты, информационная модель, расписание обработки проектов, произвольный маршрут обработки.

Keywords: projects running on the conveyor, the information model, the schedule of the task processing, arbitrary path of processing.

Введение

На современном этапе развития общества важной составляющей производственной сферы являются ИТ-компании, осуществляющие разработку программных продуктов различным заказчикам или реализующие собственные проекты. Стоимость человеко-часа в таких компаниях является высокой, поэтому эффективное использование рабочего времени сотрудников и повышение общей производительности компании является важной задачей для управляющего персонала.

Повышение производительности ИТ-компании при выполнении заказов может быть достигнуто путем организации выполнения заказов конвейерным способом. Необходимость конвейеризации обусловлена наличием временных ограничений на выполнение некоторого множества проектов ИТ-компанией.

Конвейеризация выполнения заказов предполагает разделение их на этапы, каждому такому этапу соответствует некоторый тип выполняемой работы. В теории расписаний сегменту конвейера соответствует понятие “обрабатывающего прибора”. Под таким понятием далее будем понимать некоторого абстрактного исполнителя работ, это может быть как отдельные программист, так и команда разработчиков или даже целый отдел компании. Такие этапы, характеризующиеся определенным видом работ, которые в общем виде могут быть выполнены на множестве обрабатывающих приборов. В соответствии с терминологией теории расписаний и для общности рассуждений далее введем понятие проекта, которое соответствует некоторому конкретному заказу, а ИТ-компанию будем рассматривать как систему, функционирование которой заключается в обработке множества проектов, поступающей на её вход.

Обозначим через S множество проектов, которые необходимо выполнить в системе. Если через i обозначить номер проекта, тогда пусть элемент данного множества s_i содержит количество этапов, на которые разделен i -ый проект. Количество различных проектов обозначим через n , тогда $i = \overline{1, n}$. Разбиение проекта на этапы является заданным и не изменяется в процессе обработки всех проектов. Каждый отдельный этап проекта характеризуется некоторым видом выполняемой деятельности. Общее количество видов деятельности K , через k обозначим индекс (номер) вида деятельности, тогда $k = \overline{1, K}$. В соответствии с введенными понятиями поступающих на выполнение в систему проектов в рассмотрение должно быть введено понятие, выполняющегося в системе задания. Задание, обрабатываемое в конвейерной системе, представляет собой этап проекта с определенным видом деятельности, который может обрабатываться на некотором множестве узлов конвейера. Множество заданий каждого проекта формирует последовательность строго порядка. Выполнение некоторого задания проекта возможно только после выполнения предыдущего задания в последовательности. То есть если некоторый проект содержит k -ый вид

деятельности, то этап ему соответствующий может выполняться только после выполнения этапов с индексами от 1 до $k-1$. Последовательность заданий необходимых для выполнения проекта является строго заданной и не может изменяться в процессе обработке всех проектов.

Если элемент множества S , характеризуемый индексом i содержит количество этапов, на которые разделена i -ый проект, тогда в системе должно быть выполнено $\sum_{i=1}^n s_i$ заданий (в системе должно быть обработано n проектов, каждый из которых содержит s_i заданий). Таким образом, основной операционной единицей, с которой выполняет действие конвейерная система, является задание i -го проекта. Целью функционирования конвейерной системы в этом случае состоит в обработке поступающих на ее вход заданий. Управление процессом обработки заданий в конвейерных системах предполагает построение расписаний выполнения конвейеризированных проектов.

1. Анализ публикаций

Современные методы теории расписаний позволяют формировать статические расписания обработки единичных требований при заданном количестве приборов в многостадийных обрабатывающих системах (в частности, в конвейерных системах) с использованием различных критериев поиска эффективных решений. В работах [5-7] и [9] выполняется решение классических задач теории расписаний обработки единичных задач для одного либо нескольких сегментов конвейера при различных видах критериев оптимизации и наличии ограничений на директивные сроки окончания обслуживания. При этом развиваются как точные (ветвей и границ, ветвей и отсечений), так и приближенные методы получения расписаний выполнения программ обработки данных. В [16] рассматриваются классы задач для многостадийных систем, в том числе и задачи с различными, а также

нефиксированными маршрутами, которые предполагают наличие различных путей обработки требования. Однако в постановке задачи с различными маршрутами последние являются заданными, то есть по сути выбор маршрута не является частью задачи построения расписания. В задаче с нефиксированными маршрутами общая постановка задачи предполагает возможность обслуживания приборов требований в произвольной последовательности. Также в [16] рассматриваются вариации задачи с нефиксированными маршрутами при наличии упорядоченности, однако предполагается возможность обслуживания некоторого требования прибором только после обслуживания другого требования всеми приборами либо этим же прибором. Все эти ограничения сокращают области применения таких систем на практике. Применению эвристических и приближенных методов посвящены работы [10-11], в которых исследуются задачи формирования статических расписаний обработки единичных данных. Развитию классических постановок теории расписаний посвящены работы иностранных авторов (в частности, [12]). Динамические свойства формируемых расписаний, связанные с различными событиями, происходящими в системе, ни в одной из анализируемых работ не рассматриваются, также как не выполняется при построении расписаний учет ресурсов самой системы, используемых ею при обработке данных (о возможности реализации построения расписаний при многих критериях и о возможной иерархии критериев упоминается в работе [6]).

Обобщенная постановка задачи обработки единичных задач предполагает необходимость формирования расписаний для различных маршрутов, дисциплин и правил их обработки. При этом возможен учет динамических свойств расписаний (различные моменты времени поступления задач, различные приоритеты обрабатываемых их, отказы сегментов конвейера и т.д.). Постановка задачи обработки задач в общем виде предполагает задание произвольного количества сегментов конвейера, ограничений на время функционирования системы при обработке заданий и

т.д. В тоже время обработка задач выполняющимися конвейеризированными системами связана с использованием ресурсов сегментов конвейера. Поэтому задача построения расписаний выполнения задач в конвейере, должна быть решена с учетом эффективного использования ресурсов сегментов (решена как задача многокритериальной оптимизации). Сформулированные причины обуславливают необходимость совершенствования методов построения расписаний выполнения конвейеризированных задач в конвейерных системах, обоснования новых информационных моделей, а также новых подходов к решению задач теории расписаний.

2. Цель и постановка задач

Цель выполняемой работы состоит в обосновании информационной модели многоуровневой конвейерной системы обработки данных, на основе которой могут быть сформулированы новые типы задач построения: динамических расписаний обработки единичных требований; расписаний обработки единичных требований при наличии ограничений на используемые ресурсы системы; расписаний обработки единичных требований при учете нескольких критериев оптимизации (многокритериальная задача построения расписаний). Переход к решению новых типов задач построения расписаний выполнения обработки проектов является развитием соответствующей теории и ее методов (теории расписаний). Таким образом, базовой задачей, решение которой позволяет выполнить переход к новым типам задач, является построение информационной модели многоуровневой системы обработки. Для решения поставленной задачи использованы методы теории систем и системного анализа [14,15].

3. Основное содержание работы

В общем виде каждый поступающий в систему проект может содержать произвольное количество заданий. Общее число таких заданий не может превышать значения K . Для того чтобы характеризовать каждый конкретный проект введем в рассмотрение матрицу, обозначенную через $G(n \times K)$, которая определяет необходимость выполнения некоторого вида деятельности k при обработке проекта i . Элемент $g_{ik} = 1$, если в i -ом проекте есть задание, характеризуемое k -ым видом деятельности, $g_{ik} = 0$ в противном случае.

Так как обрабатывающая задания система является конвейерной, то с точки зрения теории расписаний [2,3] выполнение проектов реализуется в многостадийной последовательной обрабатывающей системе без заданного порядка приборов (сегментов конвейера). Количество сегментов в конвейере обозначим через L , через l обозначим индекс (номер) сегмента, входящего в состав конвейера, тогда $l = \overline{1, L}$.

Каждый из сегментов конвейера характеризуется набором различных видов деятельности, которые он может исполнять. Для описания соответствия введем матрицу, обозначенную через $F(L \times K)$, определяет соответствие сегмента конвейера l и видом деятельности k , который может на нем выполняться. Элемент $f_{lk} = 1$, если в l -ый сегмент конвейера может исполнять k -ый вид деятельности, $f_{lk} = 0$ в противном случае. Введем в рассмотрение матрицу характеризующую трудоемкость всех заданий – W . Элемент w_{ik} должен оценивать объем работы в k -ом задании i -го проекта. Следует помнить, что элементы матрицы W имеют смысл для тех пар значений индексов i и k для которых элемент матрицы G , описанной выше не равен 0.

В теории расписаний сегменту конвейера рассматриваемой конвейерной системы соответствует понятие “обрабатывающего прибора”. В связи с выполнением n конвейеризованных проектов (этапов проектов на соответствующих сегментах конвейера, реализующих выполнение проекта), возникает задача составления расписаний обработки заданий [1] (расписаний обработки N заданий n проектов). Тогда системой должно быть сформировано

множество расписаний выполнения в ней N заданий, среди которых реализуется выбор эффективных. Обозначим множество возможных расписаний обработки заданий, формируемых системой, через Sh_g .

Обработка заданий осуществляется в конвейерной системе при использовании ее ресурсов. Так как для обработки поступающих на вход системы заданий могут быть выделены не все имеющиеся в ее распоряжении ресурсы, а некоторый их объем, то в рассмотрение вводятся ограничения на используемые ресурсы, позволяющие идентифицировать на основе множества возможных расписаний Sh_g множество допустимых расписаний, обозначенное как Sh_o . Выбор эффективных расписаний в множестве Sh_o реализуется с использованием различных критериев, значения которых являются оценкой их степени эффективности.

Для рассматриваемой конвейерной системы различают внешние и внутренние цели ее функционирования (множества внешних и внутренних целей функционирования системы). Тогда в рассмотрение должно быть введено множество всех возможных критериев, обозначенное как Kr , с использованием которых может быть реализован выбор эффективных расписаний в множестве Sh_o . В соответствии понятиями внутренней и внешней целей функционирования системы множество Kr может быть представлено в виде: $Kr = Kr_1 \cup Kr_2$, где Kr_1 – подмножество критериев, соответствующих внешним целям функционирования системы, Kr_2 – подмножество критериев, соответствующих внутренним целям системы, элемент множества Kr_h ($h = \overline{1,2}$) обозначим как kr_g^h , где g – порядковый номер критерия в этом множестве. Для системы внешние цели ее функционирования связаны с обработкой поступающих на вход заданий, внутренние цели связаны с эффективным использованием ресурсов сегментов конвейера. Тогда множество критериев Kr_1 – критерии, позволяющие идентифицировать в множестве Sh_o расписания, эффективные с точки зрения обработки поступающих в систему заданий (количество обработанных в системе

заданий, количество необработанных заданий и т.д.). В множество Kr_2 входят критерии, позволяющие определять в множестве Sh_0 расписания, эффективные с точки зрения использования ресурсов сегментов конвейера (суммарный простой сегментов конвейера при реализации обработки заданий, поступивших на ее вход и т.д.). Таким образом, в результате функционирования многоуровневой системы выполнения конвейеризированных программ формируется множество допустимых расписаний обработки заданий Sh_0 , среди которых выбираются эффективные с точки зрения критериев, входящих в множество $Kr = Kr_1 \cup Kr_2$. Тогда многоуровневая конвейерная система обработки заданий может быть представлена в виде следующего набора множеств Sh и Kr :

$$Sys = \langle Sh_0, Kr \rangle. \quad (1)$$

Понятие информационной модели системы, введенное в [14], предполагает ее теоретико-множественное описание, основывающееся на анализе входов и выходов системы и способов преобразования ее входных данных в результаты (при этом должны быть учтены особенности этого преобразования). Расписания, входящее в Sh_0 (в выражении (1)), формируются путем решения системой определенных типов задач. Тип решаемой в системе задачи определяется видом входных данных, поступающих в систему. Обозначим тип некоторой задачи через z_h , а множество задач, решаемых в системе через Zd ($z_h \in Zd$, $h = \overline{1, Kz}$, где $Kz = |Zd|$ – количество типов задач, решаемых в системе). В тоже время тип задачи, решаемой в системе в соответствии с определенными исходными данными, поступающими на ее вход, определяется видом критерия, используемого при выборе эффективного расписания. Таким образом, задача, решаемая в системе, является способом преобразования входных для нее данных в соответствующие результаты, а множество расписаний Sh_0 , получаемых в системе, формируется в результате решения задач $z_h \in Zd$. В описание типа задачи z_h входит определение вида критерия, используемого в ней при определении эффективного решения

(решение задачи определенного типа является зависящим от вида критерия kr_g^h , в ней используемого). Тогда при описании системы обработки заданий набор множеств вида $\langle Sh_o, Kr \rangle$ может быть заменен на множество задач Zd , в ней решаемых.

Так как выполнение обработки заданий в системе, предусматривающее реализацию решений задач множества Zd , предполагает использование ресурсов, то они (ресурсы) должны быть рассмотрены при описании системы. В этом случае необходимо выполнить переход от описания системы в виде (1) к описанию системы с использованием модели вида:

$$Sys = \langle Nres, Zd \rangle, \quad (2)$$

где $Nres$ – множество наборов параметров, характеризующих ресурсы, используемые системой при реализации обработки, Zd – множество задач (типов задач), решаемых многоуровневой системой выполнения конвейеризированных проектов при построении эффективных расписаний. Формирование информационной модели многоуровневой системы выполнения конвейеризированных проектов в общем виде состоит в определении (формализации) набора параметров, описанного в (2).

Таким образом, управление обработкой заданий предусматривает построение расписаний выполнения заданий в многостадийной конвейерной системе при учете ограничений на выделяемые системой для этого ресурсы. Обработка заданий в конвейерной системе связана с использованием ее ресурсов. Обозначим через e индекс соответствующего ресурса системы, используемого ею при обработке заданий (если E – общее количество наименований ресурсов, тогда $e = \overline{1, E}$).

При выполнении проекта системой задействуются ее ресурсы, поэтому требуется реализовать описание системы с точки зрения ресурсов. Для определения характеристик ресурсов в рассмотрение введен набор параметров вида:

$$R_e = \langle Nr_e, L, \{Vr_{lk}^e \mid l = \overline{1, L}\} \rangle, \quad (3)$$

где Nr_e – наименование ресурса системы (номер ресурса системы), L – количество сегментов конвейера, ресурсы которых формируют суммарные ресурсы системы; Vr_{lk}^e – количество e -го ресурса, имеющегося на l -ом сегменте конвейера для решения заданий k -го вида. Тогда описание ресурсов предполагает задание множества наборов параметров вида (3) (набор ресурсов), обозначенное через $Nres$, которое представлено в форме:

$$Nres = \{R_e | e = \overline{1, E}\}. \quad (4)$$

Задание производительности приборов относительно заданий различных видов посредством параметров Vr_{lk}^e в (3) и объема деятельности w_{ik} (трудоемкости), который необходимо произвести для выполнения каждого k -го задания для всех n проектов позволяет идентифицировать длительность реализации каждого задания, обозначенную как t_{ik}^l .

Одной из внутренних целей функционирования системы является эффективное использование ее ресурсов. Для анализа эффективности формируемых решений с точки зрения использования ресурсов системы в рассмотрение должны быть введены критерии, количество которых соответствует числу имеющихся в системе ресурсов. Поэтому оценка эффективности формируемых в системе расписаний может выполняться на основе критериев, соответствующих рассматриваемым ресурсам.

Обозначим множество ограничений, используемых в задаче z_h для идентификации множества допустимых решений, через Q_h (множество ограничений для задачи z_h), множество всех возможных ограничений, используемых при определении допустимых решений задач из множества Zd , обозначим как Q (тогда $Q_h \subseteq Q$).

Вид ограничений, входящих в множество Q , с использованием которых формируется множество допустимых решений Sh_o , определяется типом ресурсов системы, выделяемых ею при выполнении проектов, и особенностям задач, решение которых связано с использованием ресурсов. Таким образом, введение ограничений позволяет управлять выделением ресурсов из

имеющихся в системе их объемов. Так как через e обозначен индекс соответствующего используемого системой ресурса ($e = \overline{1, E}$), тогда через q_h^e обозначим ограничение, связанное с использованием e -го ресурса системы при решении задачи z_h . Тогда через Q_h^e обозначим множество ограничений, связанных с использованием e -го ресурса ($e = \overline{1, E}$) в задаче z_h . В этом случае $Q_h^e \subseteq Q_h$ (множество ограничений Q_h^e , определяющее использование e -го ресурса, входит в множество ограничений задачи z_h). Классификация решаемых в системе задач, связанных с обработкой поступающих в ее вход заданий, выполняется с учетом формируемых множеств ограничений Q_h^e ($e = \overline{1, E}$).

Порядок обработки заданий на каждом l -ом сегменте конвейера соответствует последовательности выполнения этих заданий. Совокупность последовательностей обработки заданий на всех l -ых сегментах конвейера ($l = \overline{1, L}$) образует расписание выполнения проектов в конвейерной вычислительной системе [5,13]. Способ представления последовательности выполнения заданий на l -ом сегменте конвейера предполагает введение в рассмотрение матрицы порядка запуска заданий. Обозначим такую матрицу как $(P)^l$. Порядок поступления заданий на сегменты конвейера определяет последовательности их выполнения, тогда обозначим через π^l ($l = \overline{1, L}$) последовательность выполнения заданий на l -ом сегменте, которой соответствует матрица $(P)^l$. Элемент $p_{ikj} = 1$, если задание k -го типа i -го проекта занимает j -ю позицию в π^l , $p_{ikj} = 0$ в противном случае. В соответствии с [5,13] расписание выполнения заданий на l -ых сегментах конвейера ($l = \overline{1, L}$) представляет собой совокупность последовательностей их запуска. Обозначим расписание выполнения заданий в системе через π , тогда расписание будет иметь вид: $\pi = \{ \pi^1, \pi^2, \pi^3, \dots, \pi^L \}$, где L – количество сегментов в конвейере. Тогда расписанию π соответствует совокупность матриц $(P)^l$ ($l = \overline{1, L}$) порядков запуска заданий на сегментах.

В соответствии с понятиями теории систем и системного анализа информационная модель системы представляет собой набор параметров, определяющих входы системы (входные данные), выходы системы (результаты) и способ отображения входов системы в ее выходы. Основными элементами, которые определяют процесс функционирования системы, являются сегменты конвейера и обрабатываемые в системе задания. Каждый из L обрабатываемых сегментов может находиться в одном из следующих состояний: 1) состояние первоначальной подготовки сегмента на выполнение задания соответствующего k -му виду деятельности; 2) состояние выполнения задания соответствующего k -му виду деятельности; 3) состояние переопределения выполнения с задания k -го вида деятельности на выполнение задания k' -го вида деятельности; 4) состояние отказа сегмента конвейера (нарушения его работоспособности); 5) состояние восстановления работоспособности сегмента; 6) состояние ожидания сегментом готовности данных к обработке. Изменение состояний сегментов возможно либо при реализации управляющих воздействий (начало выполнения задания, изменение типа обрабатываемого задания и связанное с этим переопределение типа обрабатываемой деятельности (обрабатываемого воздействия), восстановление работоспособности сегментов после отказов и т.д.), либо действий «природы», связанных с отказом сегментов. Обозначим через M_l множество возможных состояний отдельного l -го сегмента, через M_L – множество возможных состояний L сегментов, тогда $M_L = \times_{l=1}^L M_l$.

Обозначим через d_i моменты времени поступления i -го проекта на обработку, тогда при $d_i = 0$ ($i = \overline{1, n}$) все задачи, разделенные на задания, поступают в систему одновременно. В этом случае системой формируется статическое расписание, состоящее из последовательностей π^l , соответствующих порядку запуска заданий на обработку. При $d_i \geq 0$ для каждого поступающей в систему проекта (в момент времени $d_i > 0$) определяются в последовательностях π^l статического расписания позиции

запуска на выполнение соответствующей ему заданий. В этом случае каждое из заданий может находиться в одном из следующих состояний: 1) состоянии ожидания начала обработки на l -ом сегменте; 2) состоянии обработки выполняющейся на l -ом сегменте (состояния задания связаны с конкретным l -ым сегментом); 3) состоянии завершения обработки (данные обработаны в системе и ожидают окончания обработки остальных данных). Обозначим через M_i множество возможных состояний одного i -го задания, через M_N – множество возможных состояний всех заданий. Множество M_N будет определено следующим образом: $M_N = \times_{i=1}^N M_i$. Текущее состояние системы характеризуется состояниями всех L сегментов и состоянием всех заданий. Текущее состояние системы принадлежит декартовому произведению множеств M_L и M_N , определяемому выражением вида $M_L \times M_N$. Тогда траектория системы представляет собой последовательность смены состояний сегментов и обрабатываемых заданий, при этом каждое ее состояние принадлежит $M_L \times M_N$.

При функционировании сегментов конвейера возможны их отказы (переход в неработоспособное состояние). Для учета отказов сегментов (реализованных отказов) при построении решений по расписаниям выполнения заданий в рассмотрение введен параметр $t_{отк}^l$ – момент времени отказа l -го сегмента, тогда через $T^{отк}$ обозначим конечное множество значений параметров $t_{отк}^l$ ($l = \overline{1, L}$). Наряду с заданием параметров $t_{отк}^l$ (множества $T^{отк}$ при $l = \overline{1, L}$) в качестве входных данных для системы построения расписаний должны быть заданы значения длительностей интервалов восстановления l -ых сегментов после отказов, которые обозначены как $t_{восст}^l$.

Для описания задач, решение которых связано с обработкой поступающих на вход системы проектов, в рассмотрение введены следующие обозначения: i – номер обрабатываемой в системе проекта ($i = \overline{1, n}$), w_{ik} –

трудоемкость выполнения k -го задания i -ой задачи, d_i – время поступления i -ой задачи на обработку в систему, tm_i – технологический маршрут i -го проекта (множество возможных технологических маршрутов обработки обозначим через Tm , тогда $tm_i \in Tm$), ds_i – дисциплина обслуживания i -го проекта (множество возможных дисциплин обслуживания обозначим через Ds , $ds_i \in Ds$), pr_i – правила обработки i -го проекта (множество возможных правил обработки обозначим через Pr , $pr_i \in Pr$), pri – приоритет обработки i -го проекта в системе (множество приоритетов обозначим через Prt), $(t_k^m)_i$ – интервал времени первоначальной подготовки l -ого сегмента на выполнение k -го задания i -го проекта, $(t_{kk'}^{lnn})_{ii'}$ – интервал времени переподготовки l -ого сегмента с выполнения k -го задания i -го проекта на выполнение k' -го задания i' -го проекта (при этом k может быть равно k' или i может быть равно i' , но не может $i=i'$ и $k=k'$ одновременно), $(t_k^{ol})_i^j$ – момент времени начала выполнения k -го задания i -го проекта на l -ом сегменте конвейера (k -ое задания i -го проекта занимает j -ю позицию в последовательности π^l), $(t_k^{ll})_i^j$ – момент времени окончания выполнения k -го задания i -го проекта на l -ом сегменте конвейера (k -ое задания i -го проекта занимает j -ю позицию в последовательности π^l). Тогда i -ый проект может быть охарактеризован набором параметров вида:

$$x_i = \langle i, V_i, tm_i, T_i^n, T_{ii'kk'}^{lnn} \rangle, \quad (5)$$

где V_i – матрица размером $L \times K$ трудоемкостей k -ых заданий на l -ых сегментах конвейера; T_i^n – матрица размером $L \times K$ значений интервалов времени подготовки l -ых сегментов ($l = \overline{1, L}$) на выполнение k -ых проектов; $T_{ii'kk'}^{lnn}$ – матрица значений интервалов времени переналадки l -ых сегментов с выполнения k -го задания i -го проекта на выполнение k' -го задания i' -го проекта ($t_{ii'kk'}^{lnn} = 0$ при $i = i'$ и $k = k'$, $t_{ii'kk'}^{lnn} > 0$ в остальных случаях).

Если являются определенными наборы вида (5), характеризующие обрабатываемых в системе проекты, тогда входными данными для системы, на основе которых выполняется решение задачи z_h , является множество

наборов вида $\langle x_i, d_i, prt_i \rangle$. Обозначим множество входных данных, используемых задачами $z_h \in Zd$ при поиске решений (формировании выхода системы), через X_h . Вид множества X_h следующий: $X_h = [\langle x_i, d_i, prt_i \rangle | i = \overline{1, n}]$, где n – количество проектов, которое должно быть обработано в соответствии с X_h . Через X обозначим множество возможных вариантов входных данных X_h для системы, множество входных данных X_h для задач $z_h \in Zd$, тогда $X_h \subset X$. Обозначим через Y_h множество выходных данных, формируемых системой при решении задачи z_h . Множество всех возможных выходных данных задач $z_h \in Zd$ обозначим как Y (соответственно, $Y_h \subset Y$). Тип задачи $z_h \in Zd$, решение которой должно быть выполнено в системе, определяется видом входной информации, поступающей в систему (на основе которой формируется решения и выход системы) – множеством X_h , видом ограничений на выбор решений задачи (множеством Q_h), видом критерия Kr_h , используемого при выборе эффективного расписания из множества допустимых в задаче $z_h \in Zd$. В силу сказанного для типа решаемой в системе задачи $z_h \in Zd$ может быть определен набор параметров вида:

$$z_h = \langle X_h, Y_h, Q_h, Kr_h \rangle, \quad (6)$$

где Kr_h – вектор критериев (векторный критерий), в соответствии с которым выполняется решение задачи z_h для заданных входных данных X_h и ограничениях Q_h . Тогда определение решения задачи $z_h \in Zd$ – это построение отображения множества входных данных X_h для системы в множество Y (т.е. $X_h \xrightarrow{z_h} Y$) при учете ограничений Q_h .

Заключение

Выражения (2-6) представляют собой информационную модель многоуровневой системы выполнения конвейеризированных проектов при

учете различных видов исходных данных, поступающих на вход системы, различного количества и видов критериев, наличии ограничений на используемые системой в процессе обработки ресурсы. Для решения задач построения расписаний выполнения проектов в конвейерных системах в общем виде (без учета ограничений на количество сегментов в конвейере, количество видов деятельности, при наличии ограничений на используемые при выполнении программ ресурсы системы и т.д.) возможно применение подхода, связанного с декомпозицией обобщенной цели (функции) системы на совокупность иерархически упорядоченных подцелей (подфункций), каждая из которых реализуется на соответствующем уровне иерархии рассматриваемой многоуровневой системы. Для обосновываемого подхода к решению задач теории расписаний в общем виде для конвейерных систем должна быть выполнена классификация задач, решаемых в многоуровневой системе выполнения конвейеризированных программ. Такая классификация является развитием известной классификации задач теории расписаний [11], точнее она реализует развитие задач теории расписаний применительно к конвейерным системам (с использованием вводимого подхода). Построенная информационная модель многоуровневой системы выполнения программ является основой для формирования такой классификации задач построения расписаний с использованием аппарата иерархического программирования. Это, в свою очередь, позволит сформулировать новые подходы к решению таких задач. Дальнейшим развитием исследований, связанных с построением информационной модели многоуровневой системы обработки проектов, является построение названной классификации. Практическая ценность введенной в рассмотрение информационной модели и формулируемой в дальнейшем классификации задач теории расписаний для конвейерных систем с использованием аппарата многоуровневого программирования состоит в обосновании новых методов решения задач управления (диспетчеризации) выполнением проектов.

Литература

1. Лазарев А.А. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы/ А.А. Лазарев, Е.Р. Гафаров. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. – 222 с.
2. Лазарев А.А. Теория расписаний. Задачи управления транспортными системами/ А.А. Лазарев, Е.Г. Мусатова, А.Г. Кварцхелия, Е.Р. Гафаров. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012. – 159 с.
3. Танаев В.С. Теория расписаний. Многостадийные системы/ В.С. Танаев, Ю.Н. Сотсков, В.А. Струсевиц. – М.: Изд-во «Наука», 1989. – 328 с.
4. Долгова О.Э. Составление расписаний с минимизацией суммарного запаздывания на одном приборе методом параллельных муравьиных колоний. / О.Э. Долгова, В.В. Пересветов. // Информатика, вычислительная техника и управление. Вестник ТОГУ, №2(25), 2012. – С. 45-52.
5. Pinedo M. L. Sheduling. Theory, Algorithms, and Systems./ M. L. Pinedo. – Sprihger, 2008. – 664 p.
6. Чернышов В.Н. Теория систем и системный анализ/ В.Н. Чернышов, А.В.Чернышов. – Тамбов: Изд-во Тамбовского ГТУ, 2008.– 96 с.
7. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем/ М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Изд-во «Мир», 1973. – 344 с.
8. Топорков В.В. Модели распределенных вычислений/ В.В. Топорков. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.
9. Воеводин В.В. Параллельные вычисления/ В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: Изд-во «ВНУ– Петербург», 2002. – 599 с.
10. Хьюз К. Параллельное и распределенное программирование на C++/ К. Хьюз, Т. Хьюз. – М.: Изд-во «Вильямс», 2004. – 672 с.
11. Ковалев М.М. Модели и методы календарного планирования. Курс лекций/ М.М. Ковалев. – Минск: Изд-во БГУ, 2004. – 63 с.

12. Сиротина Н.Ю. Параллельные вычислительные системы/ Н.Ю. Сиротина. – Красноярск: Изд-во ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», 2008. – 133 с.

Literature

1. Lazarev A.A., Gafarov E.R. Teoriya raspisaniy. Zadachi i algoritmi [Scheduling Theory. Problems and Algorithms]. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ., 2011, 222 p.

2. Lazarev A.A., Musatova E.G. Teoriya raspisaniy. Zadachi upravleniya transportnimi sistemami [Scheduling Theory. Transport Systems Control Problems]. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ., 2012, 159 p.

3. Tanaev V.S. Teoriya raspisaniy. Mnogostadiynnie sistemi [Scheduling Theory. Multistage Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 328 p.

4. Dolgova O. E., Peresvetov V.V. Scheduling With Minimal Total Tardiness at Single Machine by Ants Colony Meth-od. Informatika, vichislitel'naya tehnika i upravlenie. Vestnik TOGU, 2012, No 2(25), pp. 45-52.

5. Pinedo M. L. Sheduling. Theory, Algorithms, and Systems./ M. L. Pinedo. – Sprihger, 2008. – 664 p.

6. Chernishov V.N., Chernishov A.V. Teorya sistem i sistemniy analiz [Systems Theory and System Analysis]. Tambov, Tambov STU Publ., 2008, 96 p.

7. Mesarovich M. Teoriya iererhicheskikh mnogourovnevich sistem [Hierarchical Multilevel Systems Theory]. Moscow, Mir Publ., 1973, 344 p.

8. Toporkov V.V. Modeli raspredelennih vichisleniy [Distributed Computation Models]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2004, 320 p.

9. Voevodin V.V., Voevodin Vl.V. Paralel'nie vichisleniya [Parallel Computations]. St. Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2002, 599 p.

10. Hughes C., Hughes T. Paralel'noe i paspredenennoe programmirovanie na C++ [Parallel and Distributed Program-ming Using C++]. Moscow, Williams Publ., 2004, 672 p.

11. Kovalev M.M. Modeli i metodi kalendarnogo planirovaniya [Models and Methods of Calendar Planning]. Minsk, BSU Publ., 2004, 64 p.
12. Sirotina N.Yu. Paralel'nie vichislitel'nie sistemi [Parallel Computation Systems]. Krasnoyarsk, FGOU VPO Siberian Federal University Publ., 2008, 133 p.