

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНЖИНИРИНГ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОГО МИРА
МОНОГРАФИЯ**

Пинск, 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНЖИНИРИНГ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОГО МИРА**

МОНОГРАФИЯ

Пинск, 2022

УДК 62:658
ББК 38
И 62

Рецензенты:

Таразевич Елена Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры технологии и технического обеспечения процессов
сельскохозяйственного производства
Белорусского государственного
аграрного технического университета

Радчиков Василий Федорович, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заведующий лабораторией кормления и физиологии
питания крупного рогатого скота
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

Под редакцией *Дуная Валерия Ивановича*,
кандидата биологических наук, доцента,
ректора УО «Полесский государственный университет»

Утверждена Советом
Полесского государственного университета
(№ 10 от 27.06.2022г.)

И 62 Инжиниринг: теория и практика современного мира : монография / Министерство образования Республики Беларусь, УО «Полесский государственный университет»; под ред. В.И. Дуная. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – 202 с.

ISBN 978-985-516-751-9

Коллективная монография посвящена изучению существующих проблем организации и реализации производственных процессов и творческой разработке подходов к решению отраслевых проблем в различных аспектах антропогенной деятельности, начиная от математического анализа и прогнозирования рисков до обеспечения высокоэффективного промышленного производства и экологической безопасности. Комплексное использование всех ресурсов предприятия на основе широкого применения искусственного интеллекта, проектирования технологических установок и других методов позволяет обеспечить устойчивое развитие экономики республики.

Монография имеет научно-практический интерес для студентов, преподавателей и ученых инженерно-технологических специальностей.

УДК 62:658
ББК 38

ISBN 978-985-516-751-9

©УО «Полесский государственный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	6
1	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.....	8
1.1	Оценка возможности возникновения угрозы информационной безопасности на основе нечетких множеств (Бусько М. М.).....	8
1.2	Результаты экспертных оценок качества дистанционных банковских услуг по технологиям их предоставления (Володько Л. П., Володько О. В.).....	14
1.3	Организация конкурсного отбора по объединенным группам специальностей (Кисель Т. В.).....	18
1.4	Задача оптимизации числа процессоров в масштабируемых распределенных системах (Коваленко Н.С., Павлов П. А.).	23
1.5	Неустойчивость нулевого решения допустимо возмущенной обобщенной системы Лэнгфорда (Мусафиров Э. В.).....	32
1.6	Оптимальность масштабируемых распределенных систем конкурирующих процессов (Павлов П. А.).....	37
1.7	Моделирование движения транспортного потока (Погребняк М. А.).....	45
1.8	Инструменты анализа опроса по доверию к национальной валюте (Янковский И. А.).....	47
2	ИНЖИНИРИНГ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	52
2.1	О некоторых аспектах использования нейронных сетей при решении задач биоинформатики (Дунай В. И., Штепа В.Н., Глинская Н.А.).....	52
2.2	Анализ оборудования локально-вычислительной сети (Клаченков В.А.).....	57
2.3	Анализ стиля русскоязычных текстов с использованием ритмических характеристик (Лагутина К.В., Лагутина Н.С.).....	63
2.4	Цифровизация водопроводно-канализационного хозяйства с учетом требований экологической безопасности окружающей среды (Штепа В.Н., Ерш Я.Ю.).....	68
3	ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ЕЕ ПРОДУКЦИИ.....	73

3.1	Скорость роста клариевого сома на экспериментальных комбикормах (Астренков А.В., Литвинчук К.Г., Лихота В.Ю., Демьянец О.Н., Ковалец А.Н.).....	73
3.2	Анализ качества комбикормов для рыб (Баран В.В., Бубырь И.В.).....	77
3.3	Производство рыбоовощных салатов – одно из перспективных направлений переработки рыбы (Бубырь И.В.)...	82
3.4	Аквакультура как основа формирования продовольственной безопасности северных территорий на примере Республики Карелия (Волкова А.Ю.).....	88
3.5	Оценка влияния фульвово́й кислоты на размножение данио рерио (Жарикова А.О., Барулин Н.В.).....	93
3.6	Обоснование повышения эффективности использования водных ресурсов (Жарынина А.В., Шумак В.В.).....	99
3.7	Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решения в индустриальной аквакультуре (Козырь А.В., Штепа В.Н.).....	103
3.8	Первый опыт получения потомства черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>) (Лихота В. Ю., Астренков А. В., Литвинчук К. Г.).....	108
3.9	Моделирование процессов в аквакультуре (Новик А.К., Шумак В.В.).....	112
3.10	Рыбоводно-биологические показатели клариевых сомов и изменение гидрохимических показателей воды в период запуска биофильтра в УЗВ (Хуобонен М.Э., Каменев И.В.).....	117
3.11	Характеристики потребленной пищи при выращивании карпа (Шумак В.В., Будкевич В.В.).....	121
3.12	Анализ подходов к расчету предельно допустимых объемов выпуска молоди осетровых видов рыб в водные объекты рыбохозяйственного значения (Федосеева Е.А., Педченко А.П., Камшуков С.В.).....	126
3.13	Тенденции развития форелеводства в Республике Беларусь (Ярмошевич Ю.А., Шумак В.В.).....	131
3.14	Рыбоводно-технологическая и экономическая эффективность использования модульных горизонтальных инкубационных аппаратов при воспроизводстве клариевого сома (Ярмош В.В.).....	134

4	ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ: ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	141
4.1	Оценка декоративных признаков и санитарного состояния ценных древесных растений на территории ООПТ Припятского Полесья (Блох В.Г., Левшук О.Н.).....	141
4.2	Планировочные модели характерных типов экологических парков на территории Белорусского Полесья (с петельной, линейной и рассредоточенной планировкой) (Дунай В.И., Волкова В.В.).....	146
4.3	Формирование архитектурно-художественного облика прихрамовых территорий г. Давид-Городка и его окрест- ностей приемами озеленения (Левшук О.Н., Блох В.Г.)...	153
4.4	Исследования закладочных смесей на основе отходов про- мышленности (Рахимов Ш.Т.).....	158
4.5	Оценка электролизных способов интенсификации процессов анаэробного сбраживания (Штепа В.Н, Шикунец А.Б.).....	162
4.6	Создание информационной системы слежения за появлением и расселением инвазионных видов растений на территории Республики Беларусь (Яхновец М.Н.).....	166
5	УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ	171
5.1	Формирование устойчивого развития агропромышленного комплекса региона Припятского Полесья через создание прочной кормовой базы на загрязненных радионуклидами землях (Евсеев Е.Б., Филипенко В.С.).....	171
5.2	Перспективы развития интеграционных взаимодействий в агропродовольственной среде в условиях цифровизации (Рыбалко Ю.А.).....	176
5.3	Базовые принципы развития цивилизации – экологический и нравственный императив (Шумак В.В.).....	183
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	201

Глава 1.4 ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛА ПРОЦЕССОРОВ В МАСШТАБИРУЕМЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Постоянное существование задач сверхвысокой сложности: задачи проектирования сложных систем (ракетной техники, самолетов); задачи оптимизационного плана развития экономики страны или отдельного региона, сооружений, технологических процессов; задачи эффективного использования спутников Земли для развития народного хозяйства; задачи военного характера и др., характеризуются большой размерностью, десятками сотен и миллионов независимых переменных и соответствующих ограничений. Указанные задачи можно эффективно решать используя идеи распараллеливания сложных вычислительных процессов и обработки больших объемов данных и знаний с помощью параллельных многопроцессорных систем (МС) и вычислительных комплексов (ВК), “объединяя в единое целое сведения из таких областей, как архитектура компьютеров и вычислительных систем, системное программирование и языки программирования, различные методы обработки информации” [1].

Основные понятия и определения. Как и в [3–5] процесс будем рассматривать как последовательность блоков Q_1, Q_2, \dots, Q_s , для выполнения которых используется множество процессоров. При этом процесс будем считать *распределённым*, если все блоки или часть из них выполняются на разных процессорах. Процессы, которые для ускорения выполнения обрабатываются параллельно, взаимодействуя путем обмена информацией, будем называть *кооперативными* или *взаимодействующими* процессами. Последовательность программных блоков, которую необходимо процессорам выполнять многократно, будем называть *программным ресурсом PR*, а множество соответствующих процессов – *конкурирующими*.

Математическая модель системы распределенной обработки конкурирующих процессов включает в себя: $s, s \geq 2$ – число блоков линейно–структурированного программного ресурса $PR = (Q_1, Q_2, \dots, Q_s)$; $n, n \geq 2$ – число распределенных относительно PR конкурирующих процессов; $p, p \geq 2$ – число процессоров многопроцессорной системы; матрицу $T = [t_{ij}]$ времен выполнения j -х блоков i -ми конкурирующими процессами $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, s}$; ε – время, характеризующее дополнительные системные расходы по организации структурирования и параллельного использования блоков PR.

Определение 1. Распределенная система n взаимодействующих конкурирующих процессов называется *неоднородной*, если времена выполнения блоков PR зависят от объемов обрабатываемых данных и/или их структуры, т.е. разные для разных процессов.

Как и в [3,4] будем считать, что взаимодействие процессов, процессоров и блоков линейно–структурированного программного ресурса подчинено следующим условиям: 1) ни один из блоков PR не может обрабатываться одновременно более чем одним процессором; 2) ни один из процессоров не может обрабатывать одновременно более одного блока; 3) обработка каждого блока осуществляется без прерываний; 4) распределение блоков программного ресурса по процессорам МС для каждого из процессов осуществляется циклически по правилу: блок с номером $j = kp + i$, $j = \overline{1, s}$, $i = \overline{1, p}$, $k \geq 0$, распределяется на процессор с номером i ; 5) отсутствуют простои процессоров при условии готовности блоков, а также невыполнение блоков при наличии процессоров; 6) для каждого из n процессов момент завершения выполнения j -го блока на i -м процессоре совпадает с моментом начала выполнения следующего $(j + 1)$ -го блока на $(i + 1)$ -м процессоре, $i = \overline{1, p - 1}$, $j = \overline{1, s - 1}$; 7) для каждого из блоков структурированного программного ресурса момент завершения его выполнения l -м процессом совпадает с моментом начала его выполнения $(l + 1)$ -м процессом на том же процессоре, $l = \overline{1, n - 1}$.

Асинхронный режим взаимодействия процессоров, процессов и блоков предполагает отсутствие простоев процессоров МС при условии готовности блоков, а также невыполнение блоков при наличии процессоров и определяется условиями 1–5.

Условия 1–4, 6 определяют *первый синхронный режим*, обеспечивающий непрерывное выполнение блоков PR внутри каждого из процессов.

Второй синхронный режим, определяемый условиями 1–4, 7, обеспечивает непрерывное выполнение каждого блока всеми процессорами.

Задача оптимизации числа процессоров. В [3–5] для вычисления минимального общего времени $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ выполнения $n \geq 2$ неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих структурированный на $s \geq 2$ блоков программный ресурс в многопроцессорной системе с $p \geq 2$ процессорами с учетом параметра $\varepsilon > 0$ в случае *неограниченного параллелизма* ($2 \leq s \leq p$) был ис-

пользован функционал задачи Беллмана–Джонсона, который имеет вид:

$$T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon) = \max_{1 \leq u_1 \leq u_2 \leq \dots \leq u_{s-1} \leq n} \left[\sum_{i=1}^{u_1} t_{i1}^\varepsilon + \sum_{i=u_1}^{u_2} t_{i2}^\varepsilon + \dots + \sum_{i=u_{s-1}}^n t_{is}^\varepsilon \right],$$

где $t_{ij}^\varepsilon = t_{ij} + \varepsilon$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, а u_1, u_2, \dots, u_{s-1} – целые положительные числа.

Было также предложено графоаналитическое решение задачи определения $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$, доказаны следующие теоремы.

Теорема 1. *Минимальное общее время выполнения n , $n \geq 2$, неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих структурированный на s , $s \geq 2$, блоков программный ресурс с временами выполнения блоков, задаваемыми матрицей $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, в многопроцессорной системе с p , $p \geq 2$, процессорами в асинхронном режиме в случае $2 \leq s \leq p$, определяется длиной критического пути в сетевом вершинно–взвешенном графе G_1^{ac} из начальной вершины t_{11}^ε в конечную t_{ns}^ε .*

Теорема 2. *Минимальное общее время $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ выполнения n , $n \geq 2$, неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих линейно структурированный на s , $s \geq 2$, блоков программный ресурс с временами выполнения блоков, задаваемыми матрицей $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, в многопроцессорной системе с p , $p \geq 2$, процессорами и дополнительными системными расходами $\varepsilon > 0$, в асинхронном режиме в случае $s = kp + r$, $k \geq 1$, $1 \leq r < p$, определяется длиной критического пути из начальной вершины t_{11}^ε в конечную вершину $t_{(k+1)n, (k+1)p}^\varepsilon$ сетевого вершинно–взвешенного графа G_2^{ac} .*

Несомненно, время выполнения всех распределенных конкурирующих процессов $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ будет существенно зависеть от количества имеющихся процессоров. Задача состоит в том, чтобы при заданных $n, s, \varepsilon, [t_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, и заданного директивного времени выполнения всех распределенных конкурирующих процессов d ,

найти оптимальное число процессоров p^* , обеспечивающих директивное время выполнения. Решение данной задачи рассмотрим для общего случая *асинхронного режима*, т.е. когда процессы являются *неоднородными*.

Для изложения метода решения поставленной задачи, кроме введенных выше параметров математической модели p , n , s , ε и d , нам понадобятся: M_q – двумерный массив переменной длины, составленный специальным образом из элементов матрицы $[t_{ij}^\varepsilon]$, где $t_{ij}^\varepsilon = t_{ij} + \varepsilon$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, q , $q \in N$ – порядковый номер результирующей матрицы времен выполнения блоков (двумерного массива переменной длины M_q), а также приведенные ниже определение и теорема.

Определение 2. Число процессоров МС будем называть *достаточным* и обозначать p^s при заданных n , s , если $p^s = s$.

Обозначим через $T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$ минимальное общее время выполнения множества конкурирующих процессов при достаточном числе процессоров p^s , а $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ – минимальное общее время при исходном числе процессоров p . Имеет место теорема.

Теорема 3. При заданных n , s , ε , $[t_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, в случае *достаточного* ($p^s = s$) и *ограниченного* ($p < s$) числа процессоров МС имеет место соотношение $T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon) \leq T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$.

Теорема 3 является отправной точкой для построения метода нахождения оптимального числа процессоров p^* , обеспечивающих директивное время d выполнения неоднородных конкурирующих процессов при распределенной обработке в условиях асинхронного режима их взаимодействия.

Входные данные: p , $p \geq 2$ – заданное (исходное) число процессоров; n , $n \geq 2$ – число конкурирующих неоднородных распределенных процессов; s , $s \geq 2$ – число блоков линейно-структурированного программного ресурса; M – двумерный массив, содержащий элементы исходной матрицы с учетом дополнительных системных расходов ε $[t_{ij}^\varepsilon]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$; d – заданное (директивное) время выполнения конкурирующих процессов.

Выходные данные: p^* – минимальное (оптимальное) число процессоров, обеспечивающих выполнение конкурирующих процессов за директивное время d ; M_q – двумерный массив, содержащий результирующую матрицу времен выполнения блоков программного ресурса вида (1); q – порядковый номер результирующей матрицы времен выполнения блоков программного ресурса PR.

Метод.

Если $d < T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$, то полагаем $p^* = 0$, т.е. директивное время выполнения конкурирующих процессов d не может быть реализовано в заданных условиях ни для какого числа процессоров.

Пусть $d \geq T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$ и число процессоров MC является ограниченным, т.е. $s > p$. Тогда между d , $T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$, $T_n^{ac}(p < s, n, s, \varepsilon)$ возможны следующие случаи:

- если $T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon) \leq d = T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ или $d > T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$, то нахождение p^* осуществляется методом деления пополам отрезка $[2, p]$;

- если $T_n^{ac}(p^*, n, s, \varepsilon) \leq d < T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$, то нахождение p^* осуществляется методом деления пополам отрезка $[p, p^s]$.

Пусть $s \leq p$. Тогда нахождение p^* осуществляется методом деления отрезка $[2, p^s]$ пополам.

Нетрудно подсчитать, что сложность алгоритма нахождения оптимального числа процессоров p^* , базирующегося на предложенном методе, составляет величину $O((k+1)np \log_2 p)$ операций в худшем случае.

На рис.1 приводится графическая интерпретация зависимости величины $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ от числа процессоров p , а также указаны величины d , $T_n^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$, p^* и p^s . Из рисунка видно, что величина p^* определяется либо как точка пересечения прямой d с дискретной линией, определяющей зависимость $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ от p , либо как ближайшая точка, которая находится ниже прямой d .

Пример. Пусть $p = 3$, $n = 3$, $s = 9$, $d = 48$, а исходная матрица времен выполнения блоков с учетом дополнительных системных рас-

ходов по организации структурирования и параллельного использования блоков PR ε имеет вид:

$$T^\varepsilon = M = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 3 & 5 & 2 & 4 & 7 & 3 & 1 \\ 2 & 6 & 4 & 1 & 5 & 3 & 4 & 2 & 8 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 4 & 2 & 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}.$$

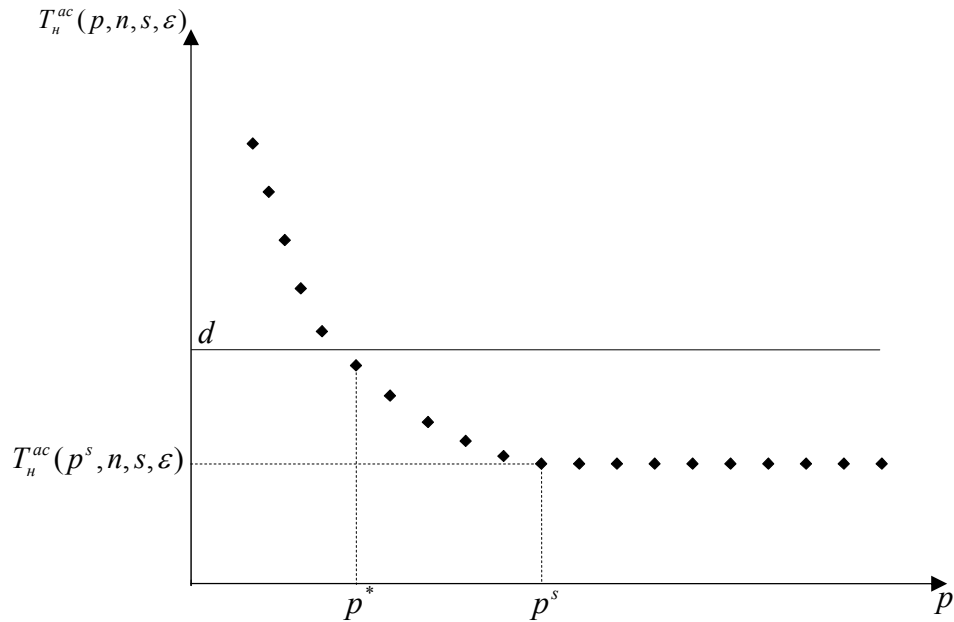


Рисунок 1. - Зависимости $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ от числа процессоров

В данном случае достаточное число процессоров $p^s = 9$.

1. По исходной матрице M строим вершинно-взвешенный граф G_1^{ac} (Рис.2) и находим величину $T_n^{ac}(p^s = 9, n, s, \varepsilon) = 45$.

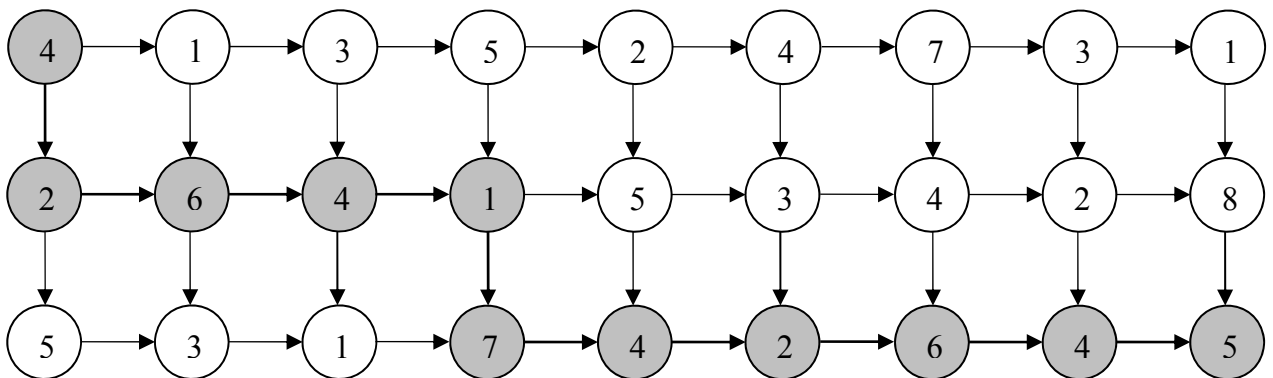


Рисунок 2. - Вершинно-взвешенный граф G_1^{ac}

По исходным данным p, n, s и M строим результирующую матрицу T^* вида:

$$T^* = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{4} & 1 & 3 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ \hat{1} & 5 & 3 \\ \hat{7} & 4 & 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 7 & 3 & 1 \\ 4 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ 1 & 5 & 3 \\ 7 & 4 & 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \hat{7} & 3 & 1 \\ \hat{4} & 2 & 8 \\ \hat{6} & \hat{4} & \hat{5} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 7 & 3 & 1 \\ 4 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix}.$$

С помощью этой матрицы определяем величину $T_n^{ac}(p=3, n, s, \varepsilon) = 50$, которая и будет определять минимальное общее время выполнения неоднородных распределенных конкурирующих процессов в асинхронном режиме на $p=3$ процессорах. Оно совпадает со значением времени выполнения процессов в совмещенной диаграмме Ганта (Рис.3).

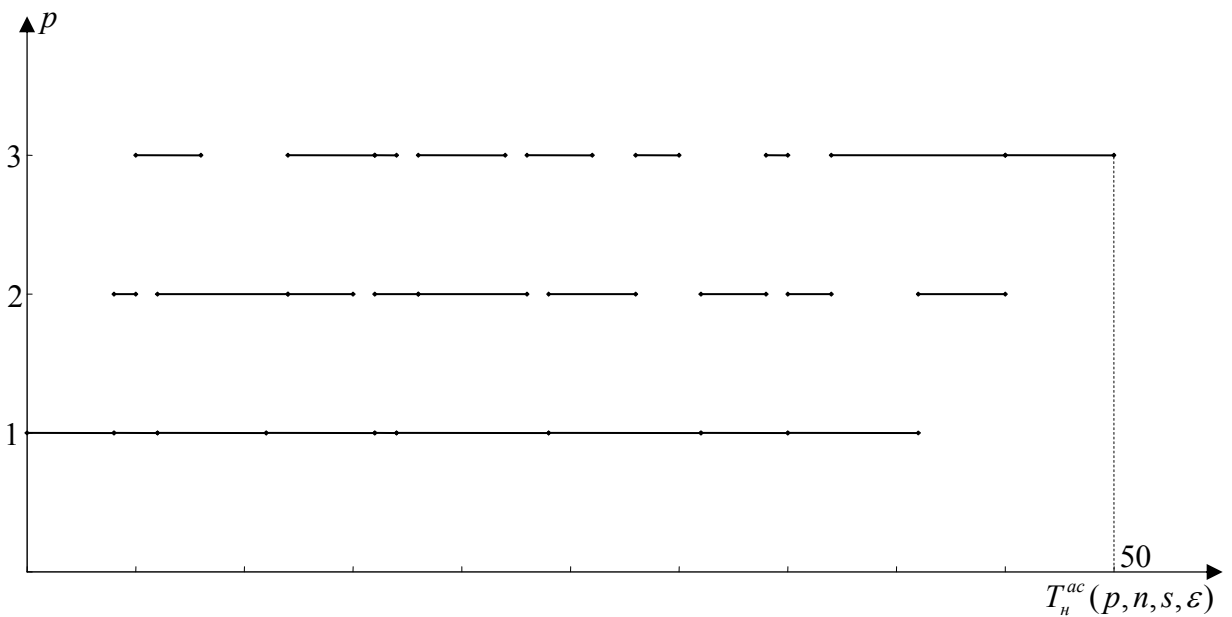


Рисунок 3. – Совмещенная диаграмма Ганта

Учитывая, что $T_n^{ac}(p^s = 9, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48 < T_n^{ac}(p = 3, n, s, \varepsilon) = 50$, рассмотрим отрезок [3,9].

2. Методом деления отрезка [3,9] пополам находим $p_1 = 6$ и строим по заданным n, s и полученному $p_1 = 6$ результирующую матрицу M_1 вида:

$$M_1 = \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccccc} \hat{4} & 1 & 3 & 5 & 2 & 4 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} & \hat{1} & 5 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & \hat{7} & \hat{4} & \hat{2} \\ 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 5 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{cccccc} 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{6} & \hat{4} & \hat{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \right].$$

С помощью матрицы M_1 вычисляем величину $T_n^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45$. Так как $T_n^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48$, то рассматриваем отрезок [3,6].

3. Методом деления отрезка [3,6] пополам находим $p_2 = 4$, причем в качестве p_2 берем величину, которая является наименьшим целым полусуммы чисел 3 и 6. Далее, по заданным n, s и полученному значению $p_2 = 4$ строим результирующую матрицу M_2 вида:

С помощью матрицы M_2 вычисляем величину $T_n^{ac}(p_2 = 4, n, s, \varepsilon) = 45$. Таким образом, директивное время $d = 48$ выполнения $n = 3$ процессов реализуется при $p_2 = 4$, так как $d = 48 > T_n^{ac}(p_2 = 4, n, s, \varepsilon) = 45$ и не реализуется при $p = 3$, так как $d = 48 < T_n^{ac}(p = 3, n, s, \varepsilon) = 50$. Следовательно, $p^* = 4$.

$$M_2 = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{4} & 1 & 3 & 5 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} & \hat{1} \\ 5 & 3 & 1 & \hat{7} \\ 2 & 4 & 7 & 7 \\ 5 & 3 & 4 & 2 \\ 4 & 2 & 6 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 2 & 4 & 7 & 7 \\ 5 & 3 & 4 & 2 \\ \hat{4} & \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix}.$$

Проведенные исследования позволяют давать практические рекомендации по оптимальной организации параллельных процессов, конкурирующих за использование общих программных ресурсов в различных режимах их взаимодействия применительно к многопроцессорным вычислительным системам и вычислительным комплексам, что является отправной точкой для решения ряда практических задач при проектировании сетевых многопроцессорных вычислительных систем и вычислительных комплексов, вычислительных систем с технологией клиент–сервер и кластерного типа, при создании системного и прикладного программного обеспечения. Предложенные методы и математические модели позволяют решать проблемы эффективного отображения параллельных алгоритмов и соответствующих программных реализаций с учетом архитектурных особенностей МС и ВК, проблемы разработки и математического обоснования приемов ускорения вычислений на базе принципов распараллеливания, конвейеризации.

Список использованных источников

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ–Петербург, 2002. – 608 с.
2. Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Математическая теория проектирования вычислительных систем. – М.: Наука, 1988. – 296 с.
3. Коваленко Н.С., Павлов П.А. Математическое моделирование параллельных процессов. LAP Lambert Academic Publishing GmbH, Saarbrücken, Germany, 2011. – 246 с.
4. Коваленко Н.С., Павлов П.А. Алгоритм построения оптимальной компоновки одинаково распределенных систем / Н.С. Коваленко, П.А. Павлов // Программирование. – 2012. – №3. – С. 3–10.

5. Kovalenko N.S., Pavlov P.A. Optimal Grouping Algorithm of Identically Distributed Systems / N.S. Kovalenko, P.A. Pavlov // Programming and Computer Software. – 2012. – Vol.38, №3. – PP. 143–150.