

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный факультет

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ

II международной научно–практической конференции “Инжиниринг: теория и практика”

**Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь,
6 мая 2022 г.**

Пинск 2022

УДК 62:658
ББК 65:38
И 62

Редакционная коллегия:

Дунай В.И., ректор университета, кандидат биологических наук, доцент
(главный редактор);

Бубырь И.В., кандидат технических наук, доцент;

Волкова В.В., заместитель декана инженерного факультета по учебной и научной работе,
старший преподаватель;

Золотарева О.А., проректор по учебной работе, доктор экономических наук, доцент;

Евсеев Е.Б., доцент кафедры ландшафтного проектирования,
кандидат сельскохозяйственных наук;

Павлов П.А., доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем,
кандидат физико-математических наук, доцент;

Романова М.А., заведующий кафедрой информационных технологий
и интеллектуальных систем, кандидат физико-математических наук, доцент;

Штепа В.Н., декан инженерного факультета, доктор технических наук, доцент;

Шумак В.В., заведующий кафедрой технологий аквакультуры,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Инжиниринг: теория и практика: материалы II международной научно–
практической конференции, УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, 6
мая 2022 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай
[и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2022. – 120 с.

ISBN 978–985–516–729-8

Приведены материалы участников II международной научно–практической конферен-
ции «Инжиниринг: теория и практика».

Материалы изложены в авторской редакции.

УДК 62:658
ББК 65:38

ISBN 978–985–729-8

© УО «Полесский государственный
университет», 2022

**ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛА ПРОЦЕССОРОВ
В МАСШТАБИРУЕМЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Коваленко Николай Семенович, д.ф.–м.н., профессор

Белорусский государственный университет

Павлов Павел Александрович, к.ф.–м.н., доцент

Полесский государственный университет

Kovalenko Nikolay Semenovich, D.Sc., kovalenkons@rambler.ru

Belarus State University

Pavlov Pavel Aleksandrovich, PhD, pavlov.p@polessu.by

Polesky State University

Предлагается метод оптимизации числа процессоров при распределенной обработке конкурирующих процессов в параллельных системах.

Введение. 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 процессами.

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 использован 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 до-

полнительными 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 $n, s, \varepsilon, [t_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, 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 $\varepsilon [t_{ij}^\varepsilon]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$; 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, со-

держащий результирующую матрицу времен выполнения блоков программного ресурса вида (1); q – порядковый номер результирующей матрицы времен выполнения блоков программного ресурса PR.

Метод.

Если $d < T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$, 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 $d \geq T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$ и число процессоров MC является ограниченным, т.е. $s > p$.

Тогда между $d, T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon), T_H^{ac}(p < s, n, s, \varepsilon)$ возможны следующие случаи:

- если $T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon) \leq d = T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ или $d > T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$, то нахождение p^* осуществляется методом деления пополам отрезка $[2, p]$;
- если $T_H^{ac}(p^*, n, s, \varepsilon) \leq d < T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$, 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 $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ от числа процессоров p , а также указаны величины $d, T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon), p^*$ и p^s . Из рисунка видно, что величина p^* определяется либо как точка пересечения прямой d с дискретной линией, определяющей зависимость $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ 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 расходов по организации структурирования и параллельного использования блоков PR ε имеет вид:

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

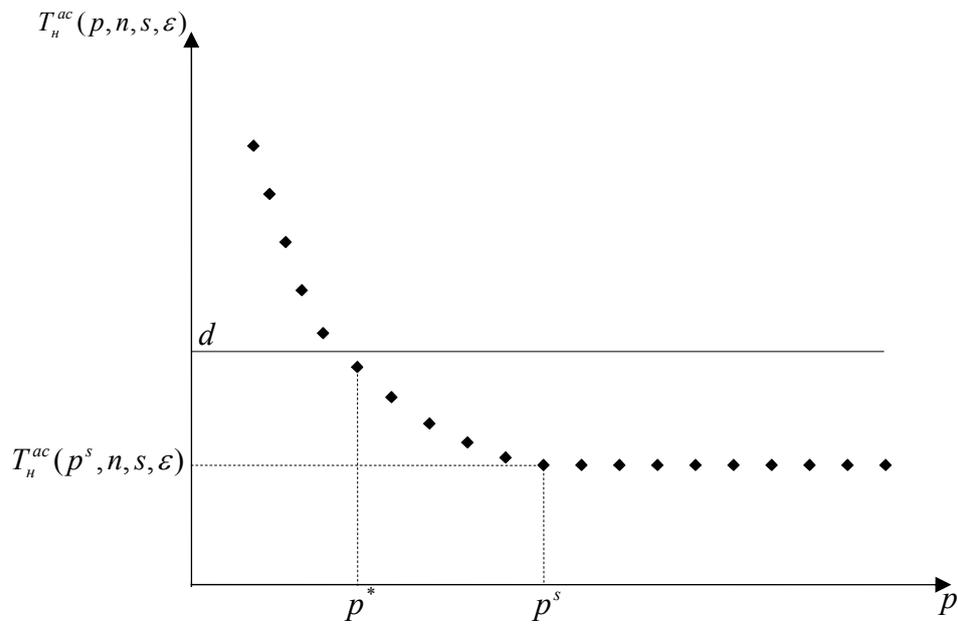


Рисунок 1. – Зависимости $T_n^{ac}(p, n, s, \epsilon)$ от числа процессоров

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

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

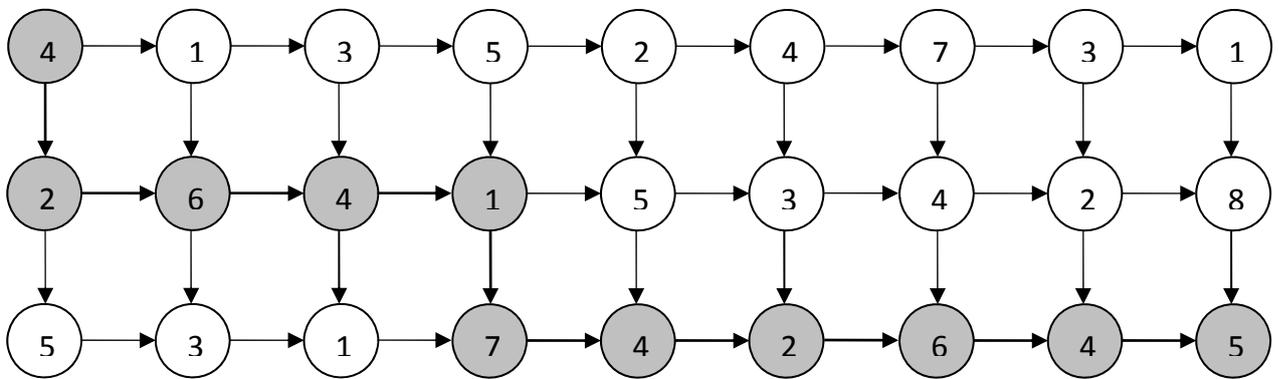


Рисунок 2. – Вершинно-взвешенный граф G_1^{ac}

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 $T_H^{ac}(p=3, n, s, \varepsilon) = 50$, 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).

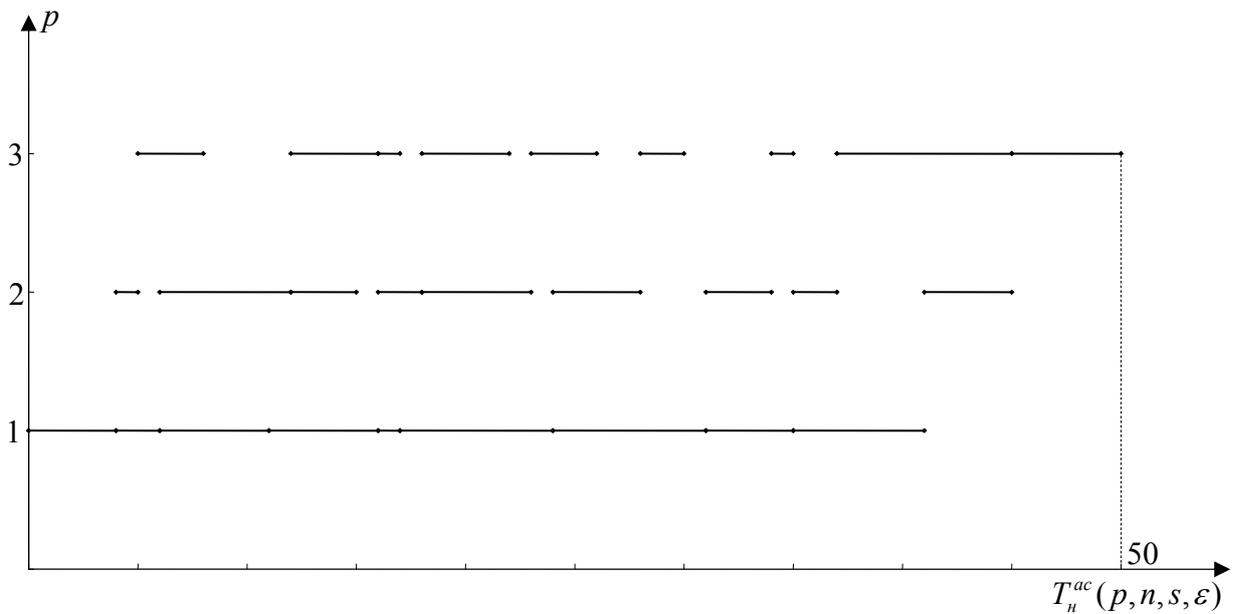


Рисунок 3. – Совмещенная диаграмма Ганта

Учитывая, что $T_H^{ac}(p^s=9, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48 < T_H^{ac}(p=3, n, s, \varepsilon) = 50$, 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:

$$M_1 = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{4} & 1 & 3 & 5 & 2 & 4 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} & \hat{1} & 5 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & \hat{7} & \hat{4} & \hat{2} \\ 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 5 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{6} & \hat{4} & \hat{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix}.$$

С помощью матрицы M_1 вычисляем величину $T_H^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45$. Так как $T_H^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48$, 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:

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

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

Заключение. 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.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Бусько М.М. Оценка возможности возникновения угрозы информационной безопасности на основе нечетких множеств.....	3
Володько Л.П., Володько О.В. Результаты экспертных оценок качества дистанционных банковских услуг по технологиям их предоставления.....	7
Кисель Т.В. Организация конкурсного отбора по объединенным группам специальностей....	10
Коваленко Н.С., Павлов П.А. Задача оптимизации числа процессоров в масштабируемых распределенных системах.....	13
Мусафинов Э.В. Неустойчивость нулевого решения допустимо возмущенной обобщенной системы Лэнгфорда.....	20
Павлов П.А. Оптимальность масштабируемых распределенных систем конкурирующих процессов.....	24
Погребняк М.А. Моделирование движения транспортного потока.....	30
Янковский И.А. Инструменты анализа опроса по доверию к национальной валюте.....	31

ИНЖИНИРИНГ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дунай В.И., Штепа В.Н., Глинская Н.А. О некоторых аспектах использования нейронных сетей при решении задач биоинформатики.....	35
Клаченков В.А. Анализ оборудования локально-вычислительной сети.....	38
Лагутина К.В., Лагутина Н.С. Анализ стиля русскоязычных текстов с использованием ритмических характеристик.....	42
Штепа В.Н., Ерш Я.Ю. Цифровизация водопроводно-канализационного хозяйства с учетом требований экологической безопасности окружающей среды.....	45

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ЕЕ ПРОДУКЦИИ

Астренков А.В., Литвинчук К.Г., Лихота В.Ю., Демьянец О.Н., Ковалец А. Н. Скорость роста клариевого сома на экспериментальных комбикормах.....	48
Баран В.В., Бубырь И.В. Анализ качества комбикормов для рыб.....	51
Бубырь И.В. Производство рыбоовощных салатов – одно из перспективных направлений переработки рыбы.....	54
Волкова А.Ю. Аквакультура как основа формирования продовольственной безопасности северных территорий на примере Республики Карелия.....	58
Жарикова А.О., Барулин Н.В. Оценка влияния фульвовой кислоты на размножение данио рерио.....	61
Жарынина А.В., Шумак В.В. Обоснование повышения эффективности использования водных ресурсов.....	65
Козырь А.В., Штепа В.Н. Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решения в индустриальной аквакультуре.....	68
Лихота В.Ю., Астренков А.В., Литвинчук К.Г. Первый опыт получения потомства черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>).....	71
Новик А.К., Шумак В.В. Моделирование процессов в аквакультуре.....	74
Хуобонен М.Э., Каменев И.В. Рыбоводно-биологические показатели клариевых сомов и изменение гидрохимических показателей воды в период запуска биофильтра в УЗВ.....	77
Шумак В.В., Будкевич В.В. Характеристики потребленной пищи при выращивании карпа... Ярмошевич Ю.А., Шумак В.В. Тенденции развития форелеводства в Республике Беларусь. Ярмош В.В. Рыбоводно-технологическая и экономическая эффективность использования модульных горизонтальных инкубационных аппаратов при воспроизводстве клариевого сома.....	79 82 84

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ:

ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Блох В.Г., Левшук О.Н. Оценка декоративных признаков и санитарного состояния ценных древесных растений на территории ООПТ Припятского Полесья.....	89
Дунай В.И., Волкова В.В. Планировочные модели характерных типов экологических парков на территории белорусского Полесья (с петельной, линейной и рассредоточенной планировкой).....	92
Левшук О.Н., Блох В.Г. Формирование архитектурно-художественного облика прихрамовых территорий Давид-Городка и его окрестностей приемами озеленения.....	97
Рахимов Ш.Т. Исследования закладочных смесей на основе отходов промышленности.....	101
Федосеева Е.А., Педченко А.П., Камшуков С.В. Анализ подходов к расчету предельно допустимых объемов выпуска молоди осетровых видов рыб в водные объекты рыбохозяйственного значения.....	104
Штепа В.Н., Шикунец А.Б. Оценка электролизных способов интенсификации процессов анаэробного сбраживания.....	107
Яхновец М.Н. Создание информационной системы слежения за появлением и расселением инвазионных видов растений на территории Республики Беларусь.....	109
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ	
Евсеев Е.Б., Филипенко В.С. Формирование устойчивого развития агропромышленного Комплекса региона Припятского Полесья через создание прочной кормовой базы на загрязненных радионуклидами землях.....	112
Рыбалко Ю.А. Перспективы развития интеграционных взаимодействий в агропродовольственной среде в условиях цифровизации.....	115

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

II международной заочной научно–практической конференции
“Инжиниринг: теория и практика”

Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь,
6 мая 2022 г.

За содержание и достоверность информации
в материалах сборника отвечают авторы

Формат 60×84/8 Гарнитура Times
Усл. печ. л. 13,95. Уч.–изд.л. 8,65.