

но повысить производительность в 2 раза. Однако это утверждение верно только для матриц, размерность которых больше 40. Для матриц меньшей размерности применение технологий параллельных вычислений практически не имеет смысла, а для матриц малых размерностей (5×5) наоборот проигрывает в скорости однопоточной реализации, за счет слишком больших расходов на создание нескольких потоков.

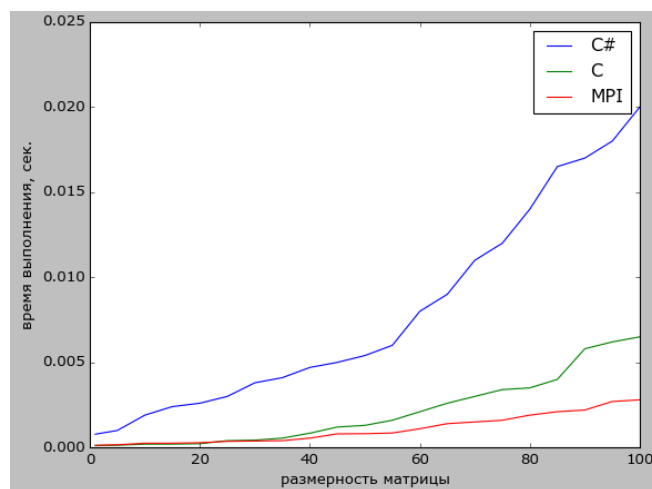


Рис. 2. Сравнение времени работы программы на разных платформах

Заключение. В современном мире с каждым днем данных становится все больше и вычисления занимают все больше времени. Применение технологий распределенных вычислений позволяет достичь максимальной эффективности в работе и задействует наибольшее количество ресурсов процессора, для ускорения выполнения программы. В ходе данного исследования было разработано три программы на разных платформах в однопоточном варианте и многопоточный вариант на языке Си; проведен сравнительный анализ скорости выполнения программного комплекса в зависимости от языка программирования и количества потоков. Многопоточное (2 потока) приложение на языке Си работает быстрее других вариантов, при условии, что размерность матрицы больше 40.

Литература

1. Ильин, В. А. Линейная алгебра / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – М. : Наука – Физматлит, 1999.
2. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб., 2002.
3. Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI : учеб. пособие / А. С. Антонов. – М. : Изд-во МГУ, 2004.

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

Ю. В. Жердецкий, И. И. Франков

Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», Беларусь

Научный руководитель Е. И. Сукач

Актуальность оценки надежности и безопасности технологических процессов производства (ТПП) и разработка путей их совершенствования обусловлена ростом масштабов работ по компьютеризации технологического производства с потенциально опасными объектами, комплексной автоматизации производства и интегриро-

ванному управлению функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства.

В статье приводится один из подходов к решению задачи оценки эффективности резервирования ТПП, включающими элементы потенциальной опасности, с использованием компьютерного моделирования и приводятся результаты тестирования программного обеспечения, автоматизирующего процесс решения этой задачи.

ТПП представляется в виде графа согласно схеме технологического цикла. Предполагается, что элементами ТПП являются технологические операции (ТХО), при выполнении которых могут происходить отказы и опасны отказы.

Для демонстрации решения поставленной задачи использовалась параметризованная модель ТПП (рис. 1), построенная с использованием программно-технологического комплекса автоматизации проектного моделирования систем управления технологическими процессами производства с элементами потенциальной опасности «ControlSyst» [1].

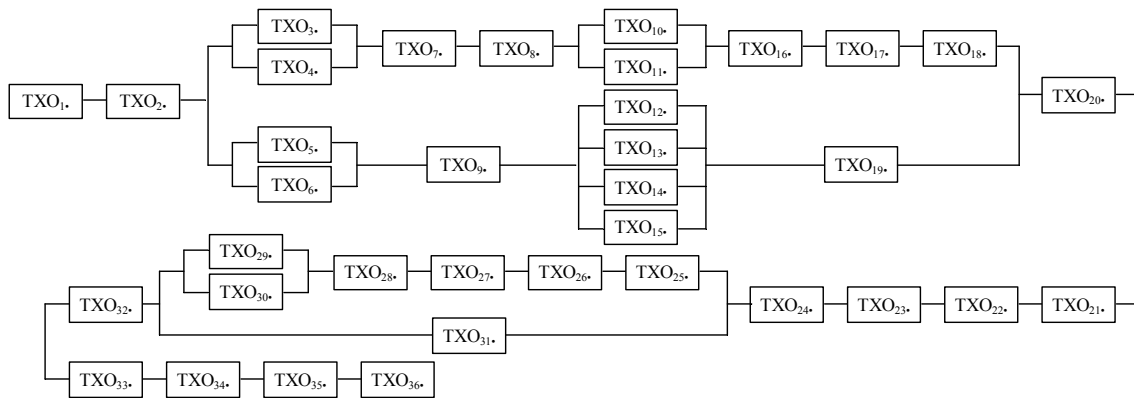


Рис. 1. Структура подсистемы технологических процессов с выделением отдельных ТХО в ее составе

Характеристиками надежности элементов при оценке надежности организации ТПП служили вероятности отказов, возникающие в ходе выполнения ТХО. Рассматривались три состояния: S_1 – надежное выполнение операции; S_2 – отказы при выполнении ТХО; S_3 – опасные отказы при выполнении ТХО. Первые элементы p_0^i векторов:

$$P^i = (p_0^i, p_1^i, \dots, p_n^i), \sum_{j=0}^n p_j^i = 1, i = \overline{1, m} \quad (1)$$

определяли вероятность безотказного выполнения i -й ТХО, вторые p_1^i указывали на вероятности отказов при выполнении ТХО, не влияющие на надежность выполнения последующих ТХО; третьи составляющие вектора (1) p_2^i задавали вероятность опасного отказа, возникающего при выполнении ТХО.

Ввиду того что модель служила лишь примером, позволяющим продемонстрировать решение типовой задачи, исходные данные (значения векторов (1)) были выбраны произвольным образом.

Ставилась задача проведения серии модельных экспериментов с резервированием участков ТПП, представленных в виде $\text{ТХО} = \{\text{ТХО}_i\}, i = \overline{1, 36}$. Планировалось

обновление параметров выполнения ТХО при достижении предельных значений векторов вероятностей, описывающих состояния надежности их реализации в процессе реализации технологических производственных циклов [2]. Критической отметкой считался вектор $(0,999; 0,0007; 0,0003)$, где предельным значением состояния S_1 являлось значение вероятности $0,999$, $S_2 - 0,0007$ и $S_3 - 0,0003$. Замещающий элемент ТПП в модели потенциального объекта имел параметры $(1; 0; 0)$, при котором вероятность безопасных и опасных отказов равна 0 .

При проведении модельных экспериментов рассматривались различные схемы резервирования участка ТХО₃₆, который при предварительном исследовании надежности системы был отнесен ко множеству участков, надежность которых существенным образом сказывалась на надежности исследуемого объекта.

В первом модельном эксперименте предполагалось, что ТПП реализуется в обычном режиме. Во втором модельном эксперименте выбранный участок резервировался путем введения дополнительной ТХО с такими же характеристиками при параллельном их соединении. Третий модельный эксперимент был идентичен второму, но с добавлением еще одного элемента в модель, описывающего выполнение указанной ТХО. В четвертом эксперименте для резервирования участка рассматривалась одна из схем мажоритарной логики (2 из 3).

В результате проведения серии модельных экспериментов были получены значения результирующих векторов вероятностей состояний, характеризующих надежное выполнение ТПП (рис. 2, 3).

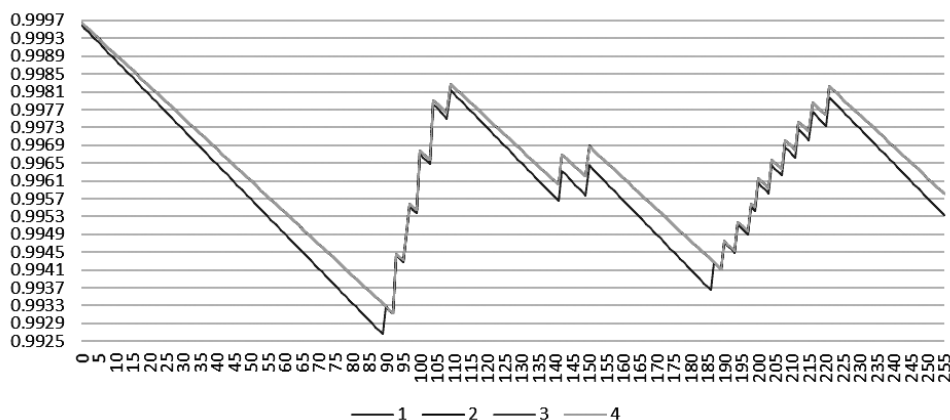


Рис. 2. Зависимость изменения вероятностей состояний надежности (S_1) ТПП для различных схем резервирования участка ТХО₃₆

При рассмотрении динамики реализации технологических циклов производственной системы с опасными элементами, одним из которых является ТХО₃₆, наблюдается поступательное снижение вероятностей надежного функционирования ТПП. Резервирование одного из участков ТПП приводит к росту вероятности его надежного функционирования. Как видно из рис. 2, вероятность надежного выполнения ТПП (S_1) без резервирования несколько ниже, чем при использовании резервирования. Так минимальная надежность реализации ТПП в первом эксперименте находится ниже отметки $0,9929$, а в экспериментах с использованием резервирования не опускается ниже $0,9929$. В целом резервирование с использованием двух, трех или двух из трех, как видно из графика, не слишком отличаются друг от друга. Наибольший эффект от резервирования наблюдается при использовании третьей схемы резервирования.

На рис. 3 представлена зависимость изменений вероятностей опасных отказов (состояние S_3) в процессе реализации ТПП.

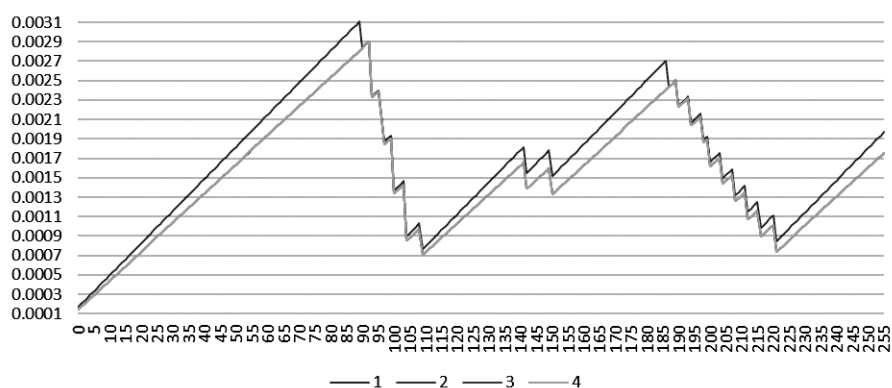


Рис. 3. Зависимость изменения вероятностей состояний надежности (S_3) ТПП для различных схем резервирования участка ТХО₃₆

Как видно из графика 3, значения вероятностей опасных отказов (S_3) в ходе реализации ТПП подсистемы зигзагообразно изменяются во времени. Снижение вероятностей отказа ($t = 90, \dots, 110; 185, \dots, 220$) наблюдается в результате обновления параметров выполнения ТХО, значения вероятностей которых достигли предельных значений. Эксперименты с различными схемами резервирования участка ТХО₃₆ показали эффективность их применения для увеличения надежности реализации ТПП в целом и исключения возможности возникновения аварии.

Литература

1. Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование систем управления технологическими процессами производства с элементами потенциальной опасности / Е. И. Сукач, Ю. В. Жердецкий // Математичні машини і системи. – 2015. – № 3. – С. 213–219.
2. Жердецкий, Ю. В. Адаптивное управление объектами с потенциально опасными элементами с использованием компьютерного моделирования / Ю. В. Жердецкий // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – С. 455–458.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

Т. С. Левцова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель Н. Н. Масалитина

Существуют различные варианты применения компьютерного моделирования в медицине. Одним из важнейших факторов, повлиявших на это, является то, что компьютерное моделирование позволяет избежать проведения экспериментов на людях.