

Рисунок 2. Витрати та час переробки від коефіцієнта Лагранжа.

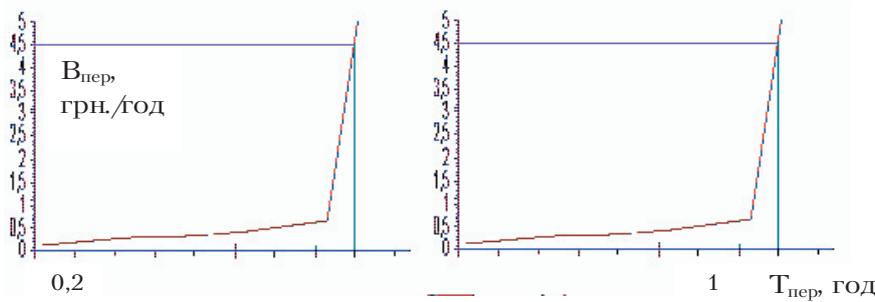


Рисунок 3. Залежність витрат на переробку вантажів від часу переробки.

Для перерахованих заходів розраховані величини скорочення часу переробки вантажів у відповідній фазі і додаткові витрати на їх виконання (таблиця 1). Значення були отримані за допомогою математичної моделі, що була розроблена та викладена раніше [2]

Розв'язком за методом Лагранжа є опукла крива для даних варіантів по витратах і часу в залежності від коефіцієнта Лагранжа (рис.2). На основі функцій $V=f(\mu)$ і $T=f(\mu)$ побудована залежність вартості заходів, що ввійшли у варіант, від часу скорочення часу перебування вантажу на терміналі (рис.3).

Остаточне рішення про величину надбавки за прискорення процесу переробки вантажу на терміналі

отримали на підставі залежності $V=f(t)$ (рис.3). Для розглянутих варіантів додатковий тариф склав 4,5 грн/год.

4 Висновки

1. Запропонована методика для розрахунку значення мінімального та нормативного часу переробки тарно-штучних вантажів в терміналі.

2. Для оцінки ефективності прискореної технології переробки вантажів на терміналі були отримані залежності витрат та часу переробки тарно-штучних вантажів від коефіцієнта Лагранжа, а також залежність витрат на переробку вантажів від часу переробки.

3. За допомогою отриманих вище вказаної методики та залежностей можна визначити додатковий тариф за прискорену технологію переробки тарно-штучних вантажів на терміналі в умовах транспортного ринку.

Література

- 1 Нагорний Є.В., Самойленко А.С. Вибір критеріїв ефективності функціонування термінальних систем при перевезенні вантажів автомобільним транспортом в міжнародному сполученні// Автомобільний транспорт. Сб.науч.трудов ХНАДУ, вып. 15, 2004, с.66–69
- 2 Нагорний Є.В., Самойленко А.С. Методика визначення часу переробки тарно-штучних вантажів на терміналі// Автомобільний транспорт. Сб.науч.трудов ХНАДУ, вып. 19, 2006, с.72–76

УДК 681.30001.571

ОЦЕНКА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОДНОРОДНЫХ ОРИЕНТИРОВАННЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ КОММУТАЦИОННЫХ СТРУКТУР

О.И. Филиппенко

Кандидат технических наук, УкрГАЖТ, г. Харьков

Предложена методика определения вероятности отказоустойчивости однородных ориентированных стохастических коммутационных структур при поломке определенного числа клеточных автоматов и различных конфигураций их пространственного расположения на решетке. Разработана компьютерная модель процессов просачивания в однородных ориентированных стохастических коммутационных структурах. Проведено моделирование методом Монте-Карло.

1. Введение

Существует большое разнообразие однородных и разнородных распределенных систем различного назна-

чения. Ко всем из них, и особенно к техногенноопасным системам, предъявляются определенные требования по надежности их функционирования. В [1] описаны компьютерная модель и имитационное моделирование про-

цесса образования случайных коммутационных цепей в однородных ориентированных стохастических коммутационных структурах (ООСКС), когда все клеточные автоматы исправны.

Цель данной работы – разработка метода оценки отказоустойчивости ООСКС в случае неисправности определенного числа КА при исправности всех узлов связи между ними.

2. Постановка задачи

Дана однородная ориентированная стохастическая коммутационная структура, представленная на рис. 1.

ООСКС предназначена для организации токопроводящей цепи между входом и выходом решетки. Структурная схема ООСКС [1] представляет собой решетку размерности $n \times m$, в узлах которой размещены клеточные автоматы (КА), входы и выходы которых соединены с соседствующими КА. Если узел окрашен в черный цвет, то это означает, что КА, расположенный в этом узле, исправен. Стрелками указаны возможные пере-

ходы от одного КА к другому. Сигнал, поступивший на вход КА в приведенном случае на КА с координатами (2, 0), запускает механизм образования токопроводящей цепи между входом к выходом решетки.

В рассматриваемой задаче все связи между КА считаются неразрывными и не портящимися, а портятся (выходят из строя) только КА, т.е. узлы решетки. Поставленную задачу определения надежности ООСКС при выходе из строя группы КА и их различного пространственного расположения на решетке можно отнести к математическим задачам, возникшим в связи с процессами, которые авторы [2] назвали процессами протекания, а именно, к решетчатым задачам узлов (site problem). В оригинале – percolation processes – процессы протекания, хотя имеется и иной перевод на русский язык – процессы просачивания (в работе используются обе версии перевода). В решаемой задаче принимается, что все связи между КА считаются неразрывными и непортящимися, а портятся только КА, т.е. узлы решетки. Вышедшие из строя КА не принимают сигналы активизации от соседствующих с ними КА и не генерируют им сигналы активизации.

Поставлена задача разработки методики оценки отказоустойчивости ООСКС в зависимости от количества неисправных КА и всевозможных их расположений на решетке.

3. Условные обозначения

ООСКС - однородная ориентированная стохастическая коммутационная структура.
КА – клеточный автомат.

4. Решение задачи

4. 1. Оценка отказоустойчивости однослойных однородных ориентированных стохастических коммутационных структур

Процесс образования случайных коммутационных токопроводящих цепей в однородных ориентированных стохастических коммутационных структурах представлен в [1] следующим образом. Входной сигнал, поступающий в КА ООСКС, переводит его в активное состояние, если он исправен. Находясь в активном состоянии, КА осуществляет случайный выбор соседствующего с ним КА, и если тот исправен, активизирует его, в результате чего создается токопроводящая проводная линия между ними, а сам переходит в пассивное состояние. КА, который перешел в активное состояние, выполняет процедуру, описанную выше. Таким образом, происходит как бы ориентированное стохастическое просачивание токопроводящей цепи от узла к узлу. Если на пути не встретится тупик, образованный неисправными КА, то образуется токопроводящая цепь между входом и выходом ООСКС. Токопроводящая цепь образуется всегда [1], если все КА и связи между ними исправны. Картина меняется в случае наличия в ООСКС неисправных КА. На рис 2. приведен случай, когда

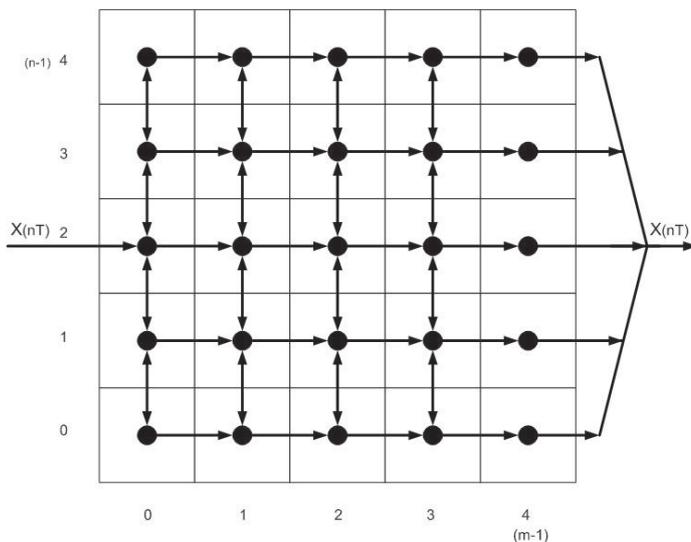


Рисунок 1. Однородная ориентированная стохастическая коммутационная структура.

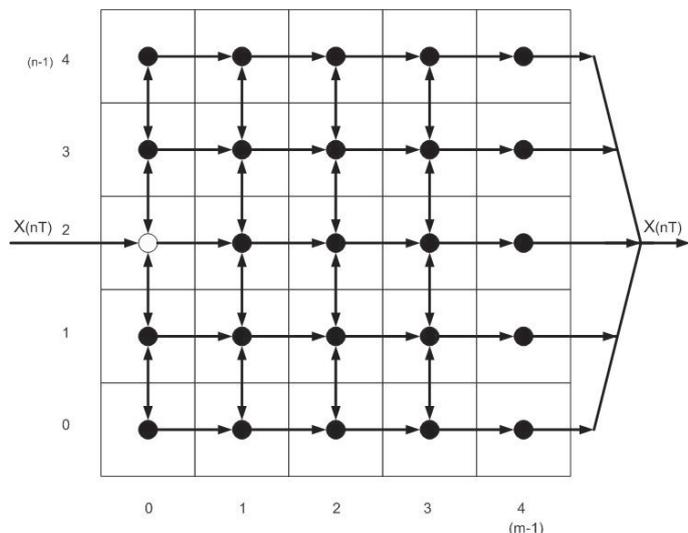


Рисунок 2. ООСКС с одним неисправным КА.

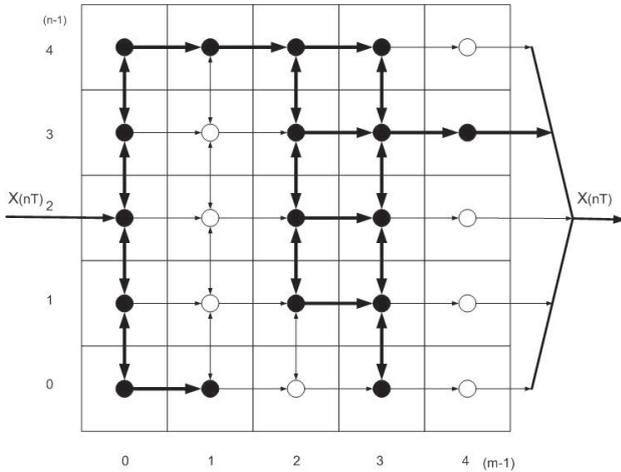


Рисунок 3. Выборка одной конфигурации расположения неисправных КА на решетке из C_{25}^8 возможных.

один неисправный КА делает ООСКС неработоспособной. Неисправный КА обозначен узлом, который окрашен в белый цвет.

Число всевозможных комбинаций расположения g неисправных КА на решетке определяется по известной формуле:

$$C_{m \times n}^g = \frac{(m \times n)!}{g! \cdot (m \times n - g)!} \quad (1)$$

На рис. 3 представлена выборка одной из C_{25}^8 всевозможных комбинаций расположения неисправных КА на решетке. Решетку с неисправными КА автоматами будем называть перфорированной решеткой.

С абстрактной точки зрения процесс образования случайных токопроводящих цепей в ООСКС может быть представлен процессом случайно-ориентированного блуждания частицы по решетке, оставляющей за собой токопроводящую цепь. Частица из узла (2, 0) (рис. 3) случайным образом за определенное число шагов может попасть либо в узел (3, 4), либо в узел (0, 1). Переход, совершенный частицей из узла (2, 0) в узел (3, 4) считается успешным. Частица же, пришедшая также случайным образом в узел (0, 1), никогда из него не выйдет. Процесс образования токопроводящей цепи закончился неудачей. Назовём попытку частицы просочиться через решетку одноразовой попыткой просачивания, или просто одноразовым просачиванием. Поскольку процесс стохастический, то необходимо провести серию $n\text{Тик}_1$ испытаний одноразового просачивания при фиксированной s_r -ой конфигурации расположения на решетке g неисправных КА. При этом исход испытания может быть удачным, т.е. произошло просачивание, или неудачным – просачивания не произошло. Тогда после серии $n\text{Тик}_1$ испытаний для заданного числа g неисправных КА и заданной s_r -ой конфигурации их пространственного расположения на решетке можно определить вероятность образования токопроводящей как:

$$P(r, s_r) \Big|_{s_r \in (1, C_n^g)} = \frac{U_1}{N_1} \quad (2)$$

где g - число неисправных КА, $N_1 = n\text{Тик}_1$ - число испытаний, U_1 - число удачных исходов.

Но поскольку число различных комбинаций пространственного расположения неисправных g КА на

решетке определяется (1), то в результате C_n^g , испытаний образуется ряд случайных значений $P(r, s_r)$ образующих функцию распределения. Тогда, вероятность отказоустойчивости ООСКС для любых g неисправных КА и возможных конфигураций их расположения на решетке в общем случае определяется как математическое ожидание случайной величины $P(r, s_r)$ и записывается как

$$E(P(r)) = \sum_{s_r=0}^{C_n^g-1} P(r, s_r) \cdot f(P(r, s_r)), \quad (3)$$

где $f(P(r, s_r))$ – вероятность $P(r, s_r)$.

Мера, которой оценивается нечувствительность ООСКС образовывать токопроводящие цепи к возникшим в ней неисправностям (отказам) клеточных автоматов, называется свойством отказоустойчивости или просто отказоустойчивостью [6].

Для вычисления вероятности отказоустойчивости ООСКС (3), как меры оценки нечувствительности ООСКС к отказам клеточных автоматов, была разработана компьютерная модель оценки отказоустойчивости ООСКС методом Монте Карло при отказе определенного числа КА и всевозможных конфигураций их расположения на решетке. Решаемая задача относится к известной задаче узлов [3, 4, 5].

Рассмотрим основные аспекты построения модели. Плоская квадратная решетка описывается двумерной матрицей размером $n \times m$, образованной n строками и m столбцами. Узлы решетки расположены в (i, j) координатах, где $i = [0, n - 1]$, $j = [0, m - 1]$. Расстояние между узлами решетки принимается равным единице. Содержимое узла может принимать только два значения: единица, либо ноль. Эти значения служат признаками исправности или неисправности КА, помещенных в узлы. Если содержимое узла равно единице, это означает, что КА исправен, если ноль – КА неисправен. За основу была взята компьютерная модель процесса просачивания в ООСКС для случая, когда все КА исправны [1]. Для решения поставленной задачи компьютерная модель [1] потребовала существенной доработки в связи с необходимостью уметь трансформировать решетку со всеми исправными КА в решетку с g неисправными КА и различной конфигурацией их размещения на решетке, т.е. перфорировать решетку. Для осуществления перфорации был использован известный в теории протекания метод [3, 4, 5], суть которого заключается в следующем. Формируется двумерный массив, подобным массиву плоской квадратной решетке, описанной выше. Элементы созданного массива заполняются случайными числами, которые генерирует генератор случайных чисел равномерно распределенных от нуля до единицы. Далее задается число k лежащее в интервале от нуля до единицы. Изменяя число k можно менять число неисправных КА по следующему правилу. Если случайное число узла меньше k , то ему присваивается единица, в противном случае ноль. В первом случае КА, считается исправным и узел, в котором он находится, окрашен в черный цвет. Во втором случае КА считается неисправным и узел, в котором он находится, окрашен в белый цвет. При $k = 0$ все КА исправны. При $k = 1$ все КА неисправны. При $k = 1/2$ число исправных и неисправных КА должно быть примерно одинаковым.

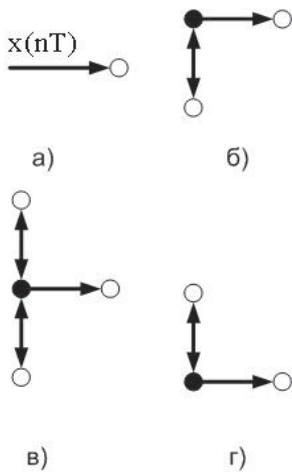


Рисунок 4. Тупиковые узлы.

Теперь необходимо было создать метод определения тупиков в процессе просачивания частицы от исходного узла к одному из конечных $(i, m-1)_{i \in [0, n-1]}$ узлов

решетки. В процессе просачивания могут встретиться тупиковые узлы и тупиковые ситуации. Примеры тупиковых узлов показаны на рис. 4.

На рис. 4а показан тупик, образованный неисправным КА, который служит точкой входа ак-

тивационного сигнала в ООСКС. Входной сигнал никак не может инициализировать процесс просачивания. На рис. 4б – 4г представлены узлы, окрашенные в черный цвет, в которые частица просочилась, но из которых нет выхода для дальнейшего просачивания. Во всех приведенных случаях исход процесса протекания считается неудачным и фиксируется параметром, предназначенным для подсчета неудачных случаев процесса просачивания. Примеры тупиковых узлов приведены на рис. 3, рис. 5. Пример тупиковых ситуаций приведен на рис. 6.

Частица, попавшая в узел (2, 3) из него вновь может перейти в узел (3, 3) (см. рис. 6) и процесс блуждания частицы между двумя узлами продолжается бесчисленно. Такая же ситуация складывается и с частицей, попавшей в узел (0, 2). Был предложен метод отыскания тупиковых ситуаций и тупиков. Перед началом моделирования проверялся на исправность КА, в

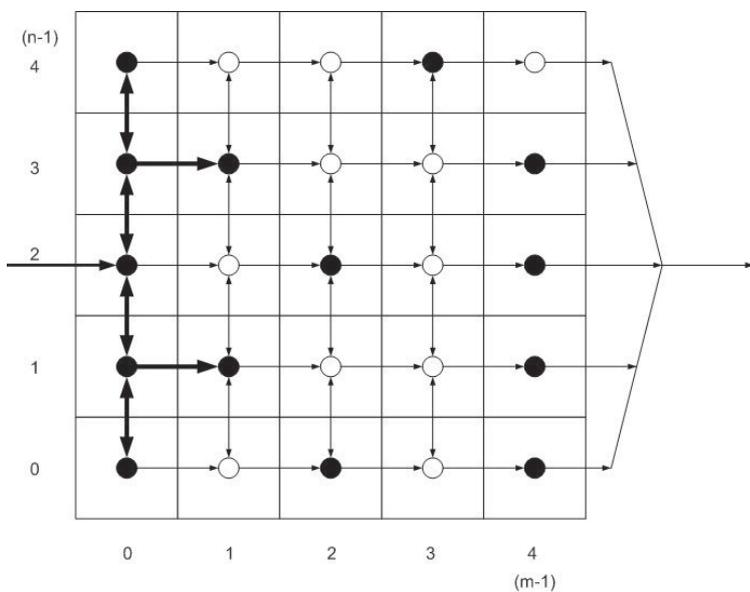


Рисунок 5. Тупиковая ситуация.

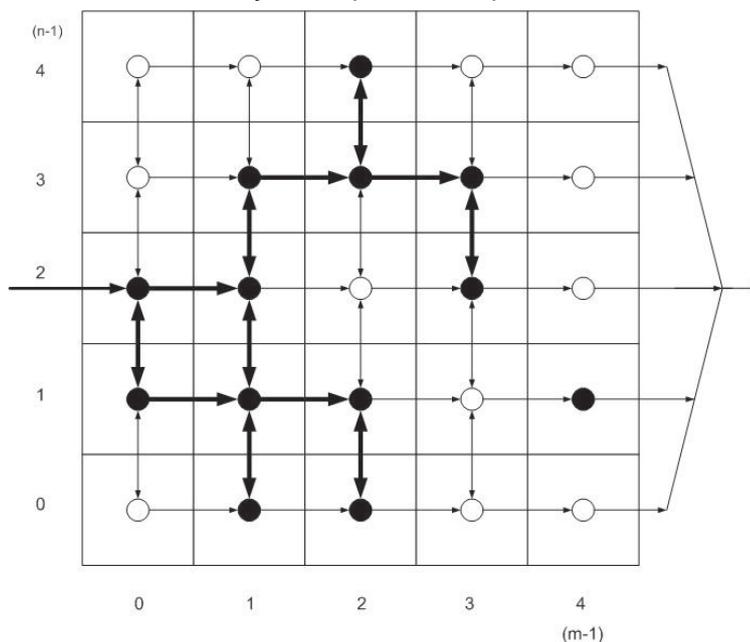


Рисунок 6. Тупиковая ситуация.

который поступал входной активационный сигнал в ООСКС. Если узел был неисправным (см. рис. 2), то процесс протекания считался невозможным, что фиксировалось специальным параметром числа неудачных случаев просачивания. Если он оказался исправным, то исполнялся один шаг направленного вероятностного перехода частицы в один из соседствующих с ней узлов. Если узел, в который перешла частица, не был тупиковым (эта проверка производится сразу по приходу частицы в узел), то производится проверка, не создалась ли тупиковая ситуация. Необходимо было определить, а имеется ли вообще возможность перехода частицы в какой-либо узел, расположенный в следующем (по направлению ориентации ООСКС) столбце решетки. Если переход возможен, то тупиковая ситуация отсутствует, в противном случае она существует и дальнейшее просачивание невозможно. Поясним это на примере, приведенном на рис. 6. Пусть частица находится в узле (2, 0). Производится проверка, имеется ли возможность перехода в узел, соседствующий с ним справа. Если да, то тупиковой ситуации нет. Частица продолжает процесс просачивания. Она имеет два возможных пути перехода. Один из них, в конце концов, приведет частицу в узел (3, 3) – другой в узел (1, 2). После каждого пошагового продвижения частицы происходит проверка в начале на наличии тупика и далее – тупиковой ситуации. Рассмотрим процедуру проверки для случая попадания частицы в узел (3, 3). Проверка на тупик дала отрицательный результат в силу того, что это не тупиковый узел. Далее вступает в действие проверка на тупиковую ситуацию. Проверяется исправность КА, помещенного в узел (4, 3). КА неисправен. В том случае параметру *impassedwn* присваивается 1. Далее проверяется исправность КА, помещенного в узел (2, 3). Он исправен, но не имеет выход к узлу, находящемуся справа от него. Поэтому далее проверяется исправность КА, находящегося ниже его (узел (1, 0)). Он

неисправен. Параметру impassUp присваивается 1. Вычисляется параметр $\text{impass} = \text{impassDown} + \text{impassUp}$. Если $\text{impass} = 2$, то ситуация тупиковая, в противном случае – нет. В соответствии с этим делается заключение об удачном, или неудачном завершении процесса просачивания.

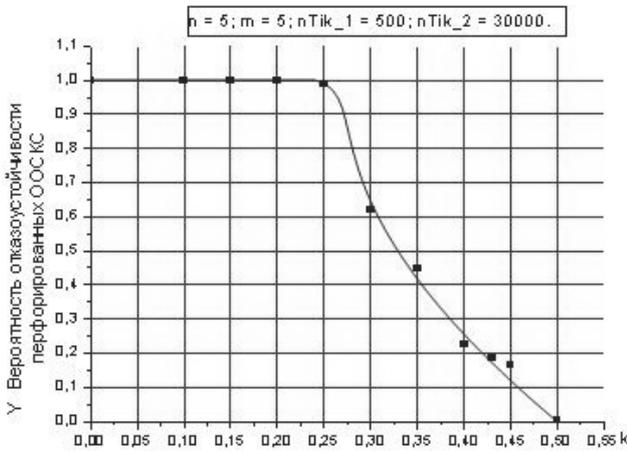


Рисунок 7. Функция вероятности отказоустойчивости ООСК для $n = 5, m = 5, nTik_1 = 500, nTik_2 = 30000 \in \{1, C_n^m\}$.

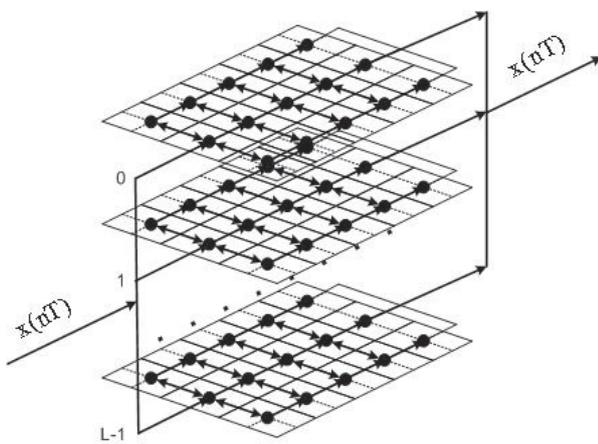


Рисунок 8. Многослойная ООСК.

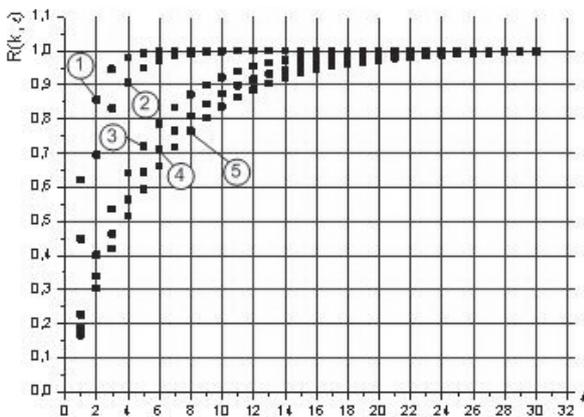


Рисунок 9. Зависимости отказоустойчивости многослойных ООСК от l для различных значений k : 1 – $k = 0.30$, 2 – $k = 0.35$, 3 – $k = 0.40$, 4 – $k = 0.43$, 5 – $k = 0.45$.

На рис. 7 представлена функция вероятности отказоустойчивости ООСК в случае неисправности группы КА, полученная в результате моделирования методом Монте Карло.

Порог просачивания x_c ООСК определяется как отношение числа неисправных (d_c) узлов (КА) к полному числу узлов ($n \cdot m$)

$$x_c = \frac{d_c}{n \cdot m}, \quad (4)$$

при котором вероятность отказоустойчивости ООСК равна нулю. В нашем случае $x_c \approx 0.5$.

4. 2. Оценка отказоустойчивости многослойных однородных ориентированных стохастических коммутационных структур

На рис. 8 схематически представлена многослойная ООСК. Вероятность отказоустойчивости многослойной ООСК определяется, подобно [7], как

$$R(k, l) \approx 1 - (1 - E(P(k)))^l, \quad (5)$$

На рис. 9 представлены зависимости отказоустойчивости многослойных ООСК в зависимости от l для различных значений $k = [0.3, 0.35, 0.4, 0.43, 0.45]$.

Проанализировав рис. 9 видно, что вероятность отказоустойчивости многослойной ООСК для $k < x_c$ с увеличением числа слоев возрастает. В табл. 1 приведены значения некоторых точек функций, представленных на рис. 9.

Для любого k меньшего порога просачивания x_c (4) всегда можно добиться вероятности отказоустойчивости ООСК равной трем и более девяткам после запятой путем увеличения числа слоев ООСК.

5. Выводы

Используя методы теории протекания, предложена методика определения вероятности отказоустойчивости однородных ориентированных стохастических коммутационных структур при отказе определенного

Таблица 9. Значения некоторых точек функций, представленных на рис. 9.

Номер графика на рис. 9	k	Число слоев l	R(k, l)
1	0.3	1	0.62057
		2	0.856033
		9	0.999837
2	0.35	1	0.4475
		13	0.999549
3	0.40	1	0.225233
		29	0.999389
4	0.43	1	0.186333
		30	0.997942
5	0.45	1	0.16505
		11	0.862512
		30	0.995535

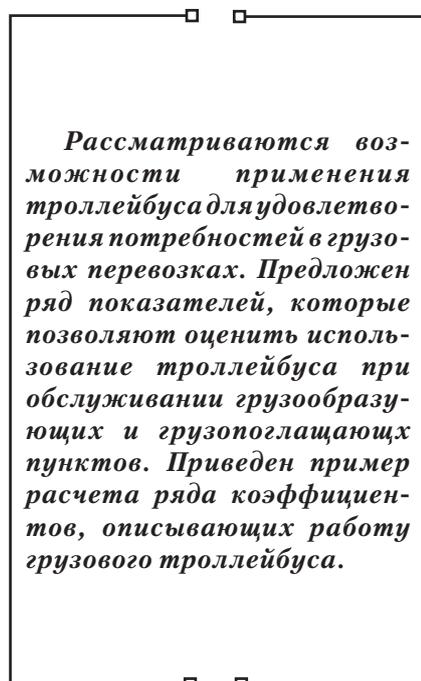
числа клеточных автоматов и различных конфигураций их пространственного расположения на решетке.

■ Для любого k меньшего порога просачивания x_c всегда можно добиться вероятности отказоустойчивости ООСКС равной трем и более девяткам после запятой путем увеличения числа слоев ООСКС.

■ Идеи, заложенные в предложенной методике, могут быть использованы для определения вероятности отказоустойчивости однородных, неоднородных структур и искусственных нейронных сетей при выходе из строя группы элементов с различными конфигурациями их расположения на схеме.

Литература

1. Филиппенко О.И. Компьютерная модель и имитационное моделирование процесса образования случайных коммутационных цепей в однородной коммутационной структуре. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – 4/2 (28).. – С. .
2. S. R. Broadbent, J. M. Hammersley, Proc. Camb. Phil. Soc. 53, 629 (1957).
3. H. L. Frisch, J. M. Hammersley, D. J. A. Welsh, Phys. Rev. 126, 949 (1962).
4. V. A. Vyssotsky, S. B. Gordon, H. L. Frisch, J. M. Hammersley, Phys. Rev. 123, 1556 (1961).
5. P. Dean, Proc. Camb. Phil. Soc. 59, 397 (1963).
6. Коваленко А. Е., Гула В. В. Отказоустойчивые микропроцессорные системы. – К.: Техника, 1986. – 150 с.
7. Сапожников Р. А., Бессонов А. А., Шоломицкий А. Г. Надежность автоматических управляющих систем. – Высшая школа, 1964. 264 с.



УДК 656.13

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСА В ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

А. Н. Горяинов

Кандидат технических наук, доцент
кафедры транспортных систем и логистики*
Контактный тел.: т.м.8-067-257-92-16, т.р. (057) 707-32-61.
e-mail: goryainov@ukr.net

А. Н. Столяров

Студент*
Контактный тел. м.8-066-99-83-995
e-mail:aleksandr_stolya@mail.ru

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

1. Введение

На сегодняшний день организация внутригородских пассажирских и грузовых перевозок является одной из серьезных проблем, решение которой обеспечивает жизнедеятельность современных городов. Значительные ресурсы, привлекаемые для выполнения перевозок, концентрация подвижного состава на специализированных предприятиях и специфичная технология перевозок требуют научно обоснованных решений и методов организации перевозок [1].

Высокими темпами развивается автомобильный транспорт, который в городах ряда стран является основным средством доставки грузов от места производства к месту потребления. Большая насыщенность городов автомобилями способствует образованию заторов уличного движения, загрязнению города отра-

ботанными газами, повышению уровня шума, росту дорожно-транспортных происшествий и т.д. При этом городские магистрали не справляются с существующей нагрузкой. Грузовому транспорту трудно добираться до центра города и маневрировать по нему. Поэтому в настоящее время возникает вопрос об обеспечении потребности грузовых перевозок посредством привлечения грузового парка троллейбусов для снижения нагрузки на транспортные магистрали в городе и достижения приемлемых показателей экологии.

2. Анализ последних достижений

На сегодняшний день в современной литературе существуют различные подходы к перевозке грузов автомобильным видом транспорта [2]. В то же время