

5 пунктов выполняются в самом трудном случае, когда каждая полоса занята или каждая пачка конфликтует со всеми другими. Существует вариант одновременного пропуска пачек, если их пути не пересекаются.

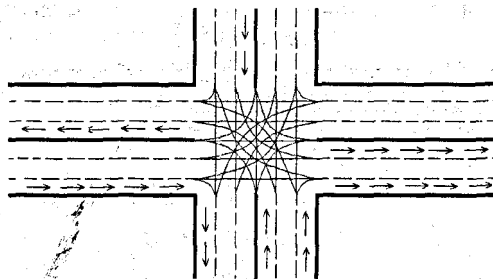


Рисунок 2 – Пример неконфликтной ситуации

Также этап перехода дороги пешеходами может быть выполнен частично, если заранее известно, что в ближайшее время пешеходный переход не будет пересечён.

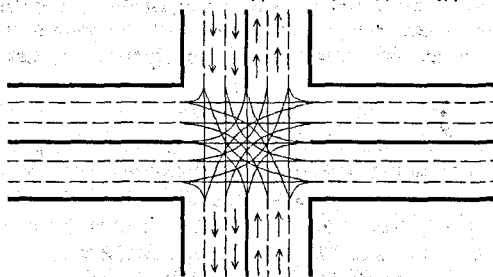


Рисунок 3 – Пункт 5 выполняется для II и IV

#### Список цитированных источников

1. <http://www.itsa.org/subject.nsf/vLookupReport>
2. <http://www.fhwa.dot.gov> – официальный сайт департамента транспорта США (FHWA).
3. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – Москва: Транспорт, 1981. – 256 с.

УДК 681.3

Рыщук А.С., Козеко Е.Л.

Научный руководитель: профессор Муравьев Г.Л.

### РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Наряду с адекватностью, результативностью и другими характеристиками степень полезности и применимости имитационных моделей наиболее существенно зависит от их сложности, трудоемкости [1, 2]. Для стохастических сетевых моделей (ССМ) [3] трудоемкость оценивается количеством вычислительной работы (времени, операций), требуемой для проведения имитации и получения набора характеристик заданной полноты и точности. Слагаемым трудоемкости имитационного моделирования стохастических сетей является как трудоемкость реализации применяемого алгоритма имитации (спо-

соба обработки списков событий, продвижения модельного времени, организации квазипараллельностей, генерации случайных объектов, сбора данных, оценки характеристик и т.д.), так и трудоемкость моделируемой стохастической сети конкретной архитектуры [4-6].

Наиболее существенное снижение трудоемкости возможно за счет распараллеливания процессов моделирования, использования существующих средств реализации естественного параллелизма. Соответственно цель работы – исследование особенностей моделирования систем на базе стохастических сетей в многозадачных средах. Это предполагает рассмотрение таких задач, как:

- построение оценок базовых характеристик (сложности, вычислительной сложности, трудоемкости и т.д.) имитационных моделей стохастических сетей, построение параметризованной модели трудоемкости;
- построение имитационных моделей стохастических сетей на языках высокого уровня (ЯВУ-моделей), выбор средств и способов мониторинга моделей, проведение мониторинга моделей для оценки трудоемкости и ее составляющих;
- выбор стратегий распараллеливания (сетевое, локальное, внутреннее, внешнее и т.д.), анализ и выбор средств распараллеливания вычислений в многозадачных средах, разработка алгоритмов распараллеливания вычислений ЯВУ-моделей;
- организация экспериментов по оценке трудоемкости и составляющих трудоемкости ЯВУ-моделей с распараллеливанием (с учетом сложности, вычислительной сложности, режимов функционирования моделируемых сетей).

Основные методы и средства, используемые в работе: методы имитационного моделирования дискретных систем; экспериментальные методы исследования и мониторинга базовых процессов в моделях; методы теории массового обслуживания, сетевые графики для получения оценок и построения моделей трудоемкости; средства языка UML для описания параллельных процессов, объектно-ориентированная технология для макетирования ЯВУ-моделей, алгоритмов распараллеливания.

Для решения указанных задач, получения оценок трудоемкости модели, исследования алгоритмов внутреннего распараллеливания спроектированы ЯВУ-модели, реализованные в объектно-ориентированных технологиях как совокупность взаимосвязанных объектов, отображающих структурные компоненты сети и их взаимодействие. Используются средства Visual Studio C++, библиотеки STL и OpenMP для реализации алгоритмов распараллеливания [7]. Спроектирована иерархия классов, обеспечивающая функциональность ЯВУ-модели.

Эффекты внутреннего распараллеливания рассматривались как на уровне базовых процедур (генерация случайных объектов, сбор статистических данных и т.д.), так и непосредственно в алгоритмах продвижения модельного времени и управления обработкой событий. При этом имитационная модель строилась в едином пространстве имен как приложение с использованием внутренних вычислительных потоков. Рассмотрены типовые функциональные действия, активности, условия их запуска.

Для случаев параллельного дискретно-событийного и пошагового (event-driven, time-driven) подходов проведен анализ ситуаций для организации параллельного исполнения, возможных конфликтов, нарушений причинно-следственных связей и механизмов их разрешения, синхронизации процессов.

Для распараллеливания самого алгоритма управления моделированием в качестве вариантов параллельной обработки применялись следующие подходы:

- опережающий по времени анализ списков событий для выявления событий будущих тактов, пригодных для параллельной обработки, выполнения соответствующих процедур, активностей;

- модификация указанного подхода с упрощенным анализом списков и возможностью отката к предыдущим тактам моделирования при возникновении конфликтов;
- распараллеливание процессов обработки отдельных событий – параллельное выполнение соответствующих им независимых базовых активностей.

Таким образом, в работе рассмотрены проблемы, связанные с оценкой трудоемкости имитационных моделей и ее снижения за счет применения инструментов распараллеливания на примере стохастических сетевых моделей. Предложены алгоритмы распараллеливания. Приведены результаты мониторинга трудоемкости моделей и их составляющих.

#### Список цитированных источников

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я.Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.
2. Рьжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рьжиков. – СПб.: КОРОНА, 2004. – 320 с.
3. Майоров, С.А. Основы теории вычислительных систем / С.А. Майоров, Г.И. Новиков, Т.И. Алиев. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.
4. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
5. Рыщук, А.С. Трудоемкость имитационного моделирования стохастических сетей: сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 92-94.
6. Муравьев, Г.Л. К оценке трудоемкости имитационных моделей / А.Н. Рыщук, Г.Л. Муравьев // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2012): материалы 3-й Междунар. НТК студентов и молодых ученых. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – С. 340-344.
7. Труб, И.И. Объектно-ориентированное моделирование на C++. – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.

УДК 681.3.06

*Сухоцкий Р.П.*

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Лебедь С.Ф.*

### ПРОИЗВОДЯЩАЯ ФУНКЦИЯ

В работе рассмотрено понятие производящей функции и ее приложения.

**Определение.** Производящей функцией последовательности  $\{a_n\}$  называется сумма

$$\text{степенного ряда } f_a(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n t^n.$$

Приложения производящей функции.

#### • Комбинаторика.

**Постановка задачи о расстановке черных и белых шаров.** Сколькими различными способами можно расположить в линию чёрные и белые шары, общее количество которых равно  $n$ ?

**Решение.** В этой задаче есть один параметр – число шаров  $n$ . Решением считается формула, позволяющая получить ответ для любого заданного  $n$  (в данном случае  $n \geq 0$ ). Этот ответ будем обозначать символом  $a_n$ .

Обозначим белый шар символом  $\circ$ , а чёрный –  $\bullet$ . Нулевое количество шаров будем обозначать  $\circ$ . Получим решение для небольшого значения параметра. Например:  $n = 2 : \circ\circ, \circ\bullet, \bullet\circ, \bullet\bullet \Rightarrow a_2=4$ ;  $n = 1 : \circ, \bullet \Rightarrow a_1 = 2$ . Единственный способ не располагать в линию ничего – это ничего не делать, причём ничего не делать можно одним способом.

В случае  $n = 3$  можно взять самый левый шар белым и закончить комбинацию  $\circ\dots$  четырьмя способами, а можно взять его чёрным, закончив комбинацию  $\bullet\dots$  также