

КамАЗ-5511 и ТСВ-6У. На вывозке леса наибольшая эффективность достигается при эксплуатации автомобилей МАЗ-509.

Указанные рекомендации могут быть применимы и в других предприятиях Калининской, Ярославской и других областей Центра РСФСР, со сходными условиями эксплуатации транспорта. Приведение структуры автопарка в соответствие с потребностями лесных предприятий в перевозках и условиями эксплуатации, наряду с другими организационно-техническими мероприятиями, позволит избежать неблагоприятной тенденции в снижении показателей использования автотранспорта.

Поступила 2 октября 1986 г.

УДК 621.39:681.3

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ В АСУ ОБЪЕДИНЕНИЕМ

В. С. КОСТЕНКО, С. П. ПРИСЯЖНЮК

СевНИИП

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию АСУ лесопромышленными объединениями (АСУО) путем концентрации вычислительных ресурсов в единой информационно-вычислительной сети, одной из основных подсистем которой является сеть обмена данными (СОД), построенная на принципах пакетной коммутации.

При разработке СОД возникает задача по оценке вариантов построения системы в целях выбора варианта, обеспечивающего наиболее эффективное функционирование АСУО.

Так как основное назначение СОД состоит в передаче максимального количества сообщений с заданным качеством, то первоочередная задача заключается в оценке пропускной способности СОД, являющейся потенциальной характеристикой и позволяющей определить лучший вариант построения системы. Под пропускной способностью в дальнейшем будем понимать максимально возможное количество сообщений, переданных в единицу времени с требуемым качеством, в частности, с временем доведения не хуже заданного [2].

Известные методы [1, 6] не полностью учитывают такие факторы, как нестационарность трафика, разнотипность используемых каналов низкого качества, функционирование подсистем управления потоками, что характерно для АСУО и что не позволяет делать адекватную оценку пропускной способности. Решение такой задачи возможно на имитационной модели [3]. Однако это требует больших затрат вычислительных ресурсов и поэтому затрудняет ее использование при проектировании СОД.

Нами предлагается методика оценки пропускной способности СОД АСУО, отличающаяся от известных тем, что позволяет учитывать влияние на пропускную способность алгоритма ограничения доступа сообщений в сеть, управление потоками на уровне звена и сквозном уровне, важность потоков информации, а также, при наличии обходных путей, алгоритма маршрутизации, адаптирующегося к ситуации на сети, и требующая приемлемых затрат вычислительных ресурсов при реализации ее на ЭВМ.

З а м е ч а н и е. Здесь не рассматривается расчет пропускной способности участков нижней иерархии сети: от терминалов до простейших концентраторов первого уровня (уровень леспромхозов) и от этих концентраторов до концентраторов (узлов) второго уровня (уровень производственных объединений), ввиду достаточной простоты их ана-

лиза. Эти участки сети могут быть представлены как одноканальные ветви, соответственно с неограниченной и ограниченной очередями ожидания, и рассчитаны с помощью известных методов теории массового обслуживания [4].

Модель сети. Сеть связи представим в виде неориентированного взвешенного графа без петель $G(N, L)$, где N — множество узлов (концентраторов), а $L = \{\beta_{ij}\}$ — множество ветвей доведения информации. На вход сети поступает поток с интенсивностью $\Lambda = \{\lambda_{ij}\}$. Пропускные способности ветвей заданы матрицей M , а надежность — матрицей коэффициентов готовности $K_r = (k_{ijr})$. Для каждого потока считаем известными средние длины сообщений в пакетах S . В сети реализован виртуально-дейтаграммный режим коммутации. На уровне звена реализован механизм управления потоком с ограничением по длине очереди к ветвям. Время доведения сообщений — γ .

Задаана матрица важности потоков W , определяющая доли пропускной способности сети, выделяемые потокам. На уровне узлов U_i имеются обходные пути доведения информации и реализован адаптивный алгоритм маршрутизации по максимуму пропускной способности. Этот алгоритм эффективен для сетей с длинными сообщениями, нестационарной нагрузкой и разнотипными, ненадежными каналами.

Поток служебной информации, возникающий при коррекции маршрутов, представлен в виде матрицы B . Потоки квитанций на канальном уровне заданы матрицей D . Полагаем ветви многоканальными с разнотипными каналами. Поток поступающих на вход пакетов данных пуассоновский. В рамках описанной модели сети и разработана методика оценки пропускной способности СОД в АСУ лесопромышленным объединением.

В общем случае коэффициент использования ветви

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{\mu_{ij}}, \quad (1)$$

где μ_{ij} — элемент матрицы M .

Тогда коэффициент одновременного недоиспользования всех ветвей СОД

$$P = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N (1 - \rho_{ij}). \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получаем:

$$P = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{\mu_{ij}} \right). \quad (3)$$

Сделав это предварительное замечание, перейдем к решению задачи оценки пропускной способности СОД.

1. Распределение допущенных в сеть потоков пакетов. В условиях перегрузки при реализации адаптивной маршрутизации и управления потоками на уровне звена нагрузка во всех ветвях выравнивается. В связи с этим при определении пропускной способности для каждого потока решается следующая оптимизационная задача:

$$\Lambda_{ij}^{kl*} = \underset{\{\lambda_{ij}^{kl} \in \Lambda^{**}\}}{\text{Argmax}} \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N \left(1 - \frac{c_{ij} + \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{k_{ijr} \mu_{ij}} \right). \quad (4)$$

где Λ^{**} — матрица, элементами которой являются λ_{ij}^{kl} .

При ограничениях:

$$1. \Lambda_{kl} = \sum_{j=1}^N \lambda_{ij}^{kl} \quad \forall k, l \in N; \quad (5)$$

$$\sum_{\substack{m=1 \\ i \neq k}}^N \lambda_{im}^{kl} = \sum_{\substack{m=1 \\ i \neq k}}^N \lambda_{mi}^{kl} \quad \forall k, l \in N; \quad (6)$$

$$2. \lambda_{ij}^{kl} \geq 0 \quad \forall i, j, k, l \in N; \quad (7)$$

$$3. c_{ij} + \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl} \leq k_{\beta} k_{\gamma} \mu_{ij} \quad \forall i, j \in N. \quad (8)$$

Введение в (8) коэффициента k_{β} показывает, с каким качеством должен быть обслужен поток сообщений. Аналитическое определение этого коэффициента выходит за рамки данной работы. Здесь мы предполагаем его заданным.

Для решения задачи (4) при условиях (5)—(8) выбран метод скользящего допуска, который позволяет решать общую задачу нелинейного программирования. Подробное описание метода можно найти в работе [5]. Решая данную задачу, получим оптимальное распределение потоков по путям доставки в смысле максимума пропускной способности.

2. *Определение доли пакетов, потерянных в сети.* Для определения потерь пакетов воспользуемся моделью многоканального тракта передачи данных с разнотипными каналами. Чтобы установить потери пакетов в сети, необходимо знать потери потоков в ветвях. Для решения этой задачи найдем вероятность своевременной передачи пакетов через ветвь P_{β} , где β — ветвь, входящая в путь γ , а w — число ветвей в пути γ .

Для определения вероятности P_{β} ветвь β представим в виде b -канальной системы массового обслуживания (СМО) с очередью ограниченной длины и ненадежными приборами. Установление вероятностей P_{β} с помощью марковской модели состояний затруднено вследствие их большого количества. Вероятность P_{β} найдем по формуле полной вероятности

$$P_{\beta} = \sum_{u=0}^b P(H_u) P(A/H_u), \quad (9)$$

где $P(H_u)$ — вероятность гипотезы H_u , заключающейся в безотказной работе $u = \overline{1, b}$ каналов;

$P(A/H_u)$ — условная вероятность события A , состоящего в обслуживании пакета при выполнении гипотезы H_u .

При одинаковой надежности каналов вероятность $P(H_u)$ определяется по формуле Бернулли

$$P(H_u) = C_b^u P^u (1-P)^{b-u}, \quad (10)$$

где P — вероятность безотказной работы канала при передаче пакетов.

Величину P находят по формуле

$$P = \frac{\mu + x}{\mu + x + c} \exp\left(-c - \frac{1}{\mu}\right), \quad (11)$$

где C — интенсивность отказа канала;

μ — интенсивность обслуживания канала;
 κ — интенсивность восстановления канала.

Если каналы связи неоднородные, то вероятность $P(H_u)$ получим по схеме Бернулли:

$$P(H_u) = \sum_{k=0}^{c_b^u} \prod_{i \in k} P_i \prod_{j \in (b-k)} (1 - P_j), \quad i \neq j. \quad (12)$$

Условная вероятность обслуживания пакетов представляет собой вероятность обслуживания пакетов в u -канальной полнодоступной СМО с очередью ограниченной длины Θ и ограниченным временем ожидания в очереди.

Для определения $P(A/H_u)$ воспользуемся известной в теории массового обслуживания формулой

$$P_u = P(A/H_u) = 1 - \frac{\frac{\delta \rho^u - 1}{u - 1} \sum_{l=1}^{\Theta} \frac{l \rho^l}{\prod_{i=1}^l (u + i \delta)}}{1 + \sum_{k=0}^u \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^u}{u!} \sum_{l=1}^{\Theta} \frac{\rho^l}{\prod_{i=1}^l (u + i \delta)}}, \quad (13)$$

где $\rho = \frac{\lambda_{\beta}}{\mu}$; $\delta = \frac{\nu^{(\beta)}}{\mu}$.

Подставляя выражения (12) и (13) в (9), получаем вероятность одновременной передачи пакетов в ветви β :

$$P_{\beta} = \sum_{u=0}^b \left[P_u \sum_{k=0}^{c_b^u} \prod_{i \in k} P_i \prod_{j \in (b-u)} (1 - P_j) \right]. \quad (14)$$

Тогда доли потерянных в ветвях пакетов найдем из выражения

$$\Delta_{\beta}^{\text{пот}} = (1 - P_{\beta}) \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{\beta}^{kl*}. \quad (15)$$

3. *Определение обслуженных сетью потоков.* Поток информации от каждого абонента передается в сети по нескольким маршрутам, определяемым на первом этапе. Доли потоков, пропущенных по этим маршрутам, получают просеиванием потока на каждой ветви, последовательно применяя формулу (15).

Обозначим обслуженный поток

$$\Delta_{kl}^{\text{обсл}} = \sum_{\gamma=1}^{\pi} \lambda_{kl}^{(\gamma)}, \quad (16)$$

где $\lambda_{kl}^{(\gamma)}$ — доля потока, передаваемая по пути $\gamma \in \pi$ (π — число обходных путей).

Тогда число сообщений, пропущенных сетью в единицу времени:

$$Y_{\text{проп}} = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{\Delta_{kl}^{\text{обсл}}}{S}, \quad (17)$$

Так как пропускная способность выражается одним числом ($Y_{\text{проп}}$), то это дает возможность разработчикам однозначно определить лучший вариант построения сети.

Кроме того, зная интенсивность обслуживания переданного потока между каждой корреспондирующей парой абонентов АСУО, мож-

но найти «узкие» места в системе и наметить пути их устранения. Применение методики необходимо и в процессе наращивания сети.

Расчеты, проведенные на ЭВМ с помощью описанной методики, показали, что время, затраченное на оценку пропускной способности сети из 30...40 узлов, исчисляется уже десятками минут, а не часами, как это имеет место при моделировании на имитационной модели [3]. Причем точность оценки пропускной способности оказалась не ниже 90 % по сравнению с той же имитационной моделью.

Сложность подготовки исходных данных для предлагаемой методики и имитационной модели одинакова и определяется в основном размерами матриц M , K_r , A , W , B , D , а также матриц интенсивностей отказов и восстановлений каналов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Наумчук О. Ф. Некоторые методы анализа пропускной способности многополосных сетей связи // Автоматы и управление сетями связи.— М.: Наука, 1970.— С. 61—67. [2]. Паршенков Н. Я. Критерии эффективности функционирования системы динамического управления потоками на сети связи // Управление на сетях и узлах связи.— М.: Наука, 1979.— с. 3—11. [3]. Присяжнюк С. П. Имитационная модель СОД с пакетной коммутацией // Вычислительные сети коммутации пакетов. Кн. 1: Матер. Второй Всесоюз. конф.— Рига.— 1981.— Октябрь.— С. 169—171. [4]. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения.— М.: Сов. радио, 1971.— 520 с. [5]. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Пер. с англ. Под ред. М. Л. Быковского.— М.: Мир, 1975.— 534 с. [6]. Ченцов В. М. Системы распределения информации. Синтез структуры и управление.— М.: Связь, 1980.— 144 с.

Поступила 20 июня 1986 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*533

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВОСТОЕВ

А. Г. ШАВНИН

Уральский лесотехнический институт

Плотность древостоев обычно отождествляют с их густотой, представляющей число деревьев на единице площади. Такое употребление показателей не вызывало разночтений в оценке получаемых характеристик до того времени, пока их содержание ограничивалось численностью деревьев. В настоящее время представление о плотности древостоев расширилось. Содержание показателя стало включать размеры деревьев [6], поэтому отождествление ее с густотой древостоев стало неоправданным. Данная статья содержит предложения по описанию и применению плотности древостоя в качестве самостоятельного таксационного показателя.

Установление плотности древостоев подчинено главной задаче таксации насаждений — определению древесного запаса. Решению этой задачи отвечают характеристики пространственного расположения деревьев в древостое, которыми могут служить отношения средних диаметров и высот деревьев к среднему расстоянию между ними. Первое представляет плотность древостоя по диаметру, второе — по высоте деревьев.

Плотность древостоя по диаметру находится в строгой зависимости от суммы площадей сечения деревьев, характеризуя, таким образом, полноту насаждений. При установлении этой зависимости число деревьев на 1 га N описывается известным выражением

$$N = 10\,000 : l^2, \quad (1)$$

где l — среднее расстояние между деревьями.

Поделив абсолютную полноту древостоя G на правую часть этого равенства, находим среднюю площадь сечения:

$$g_m = 0,0001 G l^2, \quad (2)$$

которой соответствует средний квадратичный диаметр

$$d_m = 1,13l \sqrt{G}. \quad (3)$$

В этом случае плотность древостоя по диаметру P_d

$$P_d = 1,13 \sqrt{G}. \quad (4)$$

Показатели, составляющие плотность древостоев, могут быть установлены общепринятыми способами. В условиях, где возможно применение полнотомера Виттерлиха, целесообразно применять линейку-плотномер, работающую по такому же принципу. Устройство прибора основано на равенстве

$$G = 2\,500 \frac{1}{a^2} N, \quad (5)$$

где a — длина линейки [1, с. 223—235].

Объединив формулы (4) и (5), найдем отношение ширины предметного диоптра линейки к ее длине, равное 1 : 56,5. При таких параметрах плотномера число деревьев, не вписавшихся в створ предметного диоптра, составит квадрат плотности древостоя по диаметру. После извлечения корня будет установлено ее значение (см/м). При одинаковой размерности обеих компонент и условном увеличении показателя в 10 раз единицей измерения становится безразмерная величина, не превышающая 1,0. Различия плотности в 0,1 доступны для глазомерного определения.

Предлагаемый показатель, по аналогии с относительной полнотой, позволяет оценивать использование насаждением своего природного потенциала. Он удобен при таксации насаждений. Примером служат таблицы полноты и запасов, в которых роль полноты выполняет плотность древостоев по диаметрам (табл. 1) [5].

Подобная замена вносит единообразие в характеристику показателя, повышает унификацию лесоучетных материалов.

Применение показателя расширяет возможности решения лесоводственных вопросов. Нами он был успешно применен для моделирования ветроустойчивого древостоя