

УДК 621.375

Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, С.И. Шматков, Мохамед Саламе Абрахим Арабиат

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Получены математические выражения, описывающие процесс принятия решения при управлении сетевыми ресурсами в условиях неопределенности. Предложенная модель построена на основе использования логико-лингвистического подхода, что позволило описать знания экспертов в виде математических выражений. Предложенная модель позволяет численно оценить эффективность управления сетью, и выбрать наиболее предпочтительное решение.

Ключевые слова: компьютерная сеть, эффективность управления компьютерными сетями, математическая модель, принятие решения, неопределенность.

Введение

Постановка задачи. Одним из основных путей повышения эффективности функционирования современных компьютерных сетей (КС) являются совершенствование методов управления сетевыми ресурсами. На сегодняшний день существует несколько технологий, описывающих концепцию разработки системы управления сетью. В этих технологиях основное внимание уделяется организации сбора информации о состоянии сети и рассылке команд управления. Однако процесс принятия решения по распределению ресурсов КС практически не описан.

Цель статьи. Для детального исследования процессов принятия решения при управлении ресурсами КС необходимо разработать математическую модель, которая бы учитывала динамику ее функционирования, а также неопределенность знаний о состоянии сети и ее элементов.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1 – 4] описаны основные концепции и принципы управления компьютерными сетями. Однако, вопросам, связанным с описанием процесса принятия решения при управлении КС, уделяется мало внимания. В работах [5, 6] предложен подход, который позволяет описать процесс принятия решения в условиях неопределенности. Однако, данный подход описан без привязки к конкретной предметной области.

Основная часть

Модель процесса принятия решения при управлении сетевыми ресурсами можно представить в виде кортежа

$$R = \langle A, U, Pr, U^* \rangle, \quad (1)$$

где A – множество альтернатив управления (гипотез), выдвигаемых для достижения цели; U – множество управляющих воздействий, необходимых для достижения цели управления с учетом выдвинутых гипотез, и которые определяют средства и спо-

собы достижения цели; Pr – оценка предпочтений принятия решения; U^* – выбранный на основе оценки последствий вариант управления.

При принятии решения с учетом возможной информационной неопределенности в последнее время широко применяется логико-лингвистический подход. Его основой является теория нечетких множеств, которая позволяет формализовать словесные описания, получаемые от экспертов, в виде математических выражений, и учесть их нечеткость через оценки истинностей (принадлежностей) и предпочтений.

Критерием предпочтительности, задающим полный порядок на множестве альтернатив A , является максимальная величина ожидаемой полезности альтернативы A_f (Π_{A_f}). Ожидаемая полезность альтернативы A_f при возникновении ситуации S_j определяется из выражения [5]:

$$\Pi_{A_f} = \sum_{j=1}^N U(A_f, S_j) \cdot P(S_j),$$

где $P(S_j)$ – вероятность возникновения ситуации S_j ; $U(A_f, S_j)$ – функция полезности.

При определении порядка предпочтений (доминирования полезности) в случае неполной или нечеткой информации возможны такие варианты:

полное отсутствие информации о вероятности возникновения ситуации $P(S_j)$;

задана порядковая мера вероятностей

$$P(S_1) \geq \dots \geq P(S_j) \geq \dots \geq P(S_N);$$

задана интервальная мера вероятностей

$$P_j \leq P(S_j) \leq P_j + \Delta.$$

В рассматриваемых случаях порядок предпочтений определяется в соответствии с выражениями:

$$a) A_f > A_g \Leftrightarrow (\forall j = 1, N) U(A_f, S_j) \geq U(A_g, S_j);$$

$$б) A_f > A_g \Leftrightarrow (\forall j = 1, N) \sum_{j=1}^N U(A_f, S_j) \geq \sum_{j=1}^N U(A_g, S_j);$$

$$в) A_f > A_g \Leftrightarrow \sum_{j=1}^N P_j (U_f - U_g) > 0.$$

Для случая а) функция полезности может быть оценена в соответствии с имеющимися признаками.

Для вариантов б) и в) в качестве функции полезности желательно использовать показатель качества, определяющий величину повышения эффективности сети, достигаемую в результате реализации принятого решения. Эффективность управления предлагается оценивать по результатам прироста эффективности компьютерной сети при наличии управления $\mathcal{E}_{кcy}$ относительно ее эффективности без управления ($\mathcal{E}_{кc}$)

$$\mathcal{E}_{упр} = \mathcal{E}_{кcy} / \mathcal{E}_{кc}.$$

Эффективность КС оценивается ее производительностью, которая представляет собой относительную скорость передачи и обработки информации и равна отношению реальной скорости $\lambda_{ц}$ к максимально возможной $\lambda_{макс.ц}$:

$$\mathcal{E}_{кc} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_{i.вых}}{\sum_{i=1}^N \lambda_{макс.i.вых}},$$

где N - число источников информации.

Интенсивность передачи i-го потока определяется по формуле: $\lambda_{цi} = (T_{срi})^{-1} \cdot \Delta W_i \cdot (1 - P_{потi})$, где $T_{срi}$ – среднее время доставки i-того сообщения; ΔW_i – важность этого сообщения при информационном обмене; $P_{потi}$ – вероятность потери сообщения при передаче и обработке. Такая максимальная интенсивность передачи может быть обеспечена и при воздействии системы управления.

Следовательно, будет справедливо выражение

$$\mathcal{E}_{кc} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{ni}}{T_{срi}} \Delta W_i (1 - P_{потi}).$$

где T_{ni} – длительность i-го сообщения без учета влияния различной вводимой избыточности на время передачи. Эффективность компьютерной сети при наличии управления осуществляется по формуле

$$\mathcal{E}_{кcy} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{ni}}{T_{срiy}} \Delta W_{iy} (1 - P_{потiy}).$$

В результате эффективность управления определяется

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{срi}}{T_{срiy}} \cdot \frac{\Delta W_{iy}}{\Delta W_i} \cdot \frac{(1 - P_{потiy})}{(1 - P_{потi})}, \quad (2)$$

при условии обеспечения качества обслуживания $P_{ош} \leq P_{ошдоп}$, $T_d \leq T_{доп}$ и минимизации времени и вероятности ошибки управления.

Ценность полученной информации определяется по формуле

$$\Delta W_i = (\lambda_{вxi} / \lambda_{вx})^{1/\log P_{ii} / P_{0i}}.$$

где $\lambda_{вxi}$ и $\lambda_{вx}$ – соответственно интенсивность источника i-го потока и суммарного входного потока данных; P_{ii} – вероятность своевременного решения; P_{0i} – вероятность решения при отсутствии информации.

Вероятность правильного решения P_{ii} зависит от количества полученной информации о состоянии объекта управления. При отсутствии информации эта вероятность уменьшается до величины P_{0i} . Такое снижение в зависимости от полученной информации должно появляться по какому-нибудь закону. Этот закон должен быть таким, чтобы при наличии малого количества информации чувствительность показателя была выше, чем при наличии большого её количества. Указанным условиям удовлетворяет выражение вида

$$P_{ii}(t) = 1 - (1 - P_{0i}) \cdot e^{-I_{0i}(t) / (I_{max} - I_{0i}(t))},$$

где $I_{0i}(t)$ – количество полученной информации; I_{max} – максимальное количество информации, необходимое для принятия решения.

В условиях неопределенности не всегда можно определить значения параметров, входящих в приведенные выше выражения, и тем более учесть накладываемые на качество передаваемой информации ограничения. Кроме этого, в условиях неопределенности, т.е. при наличии неполной или нечеткой информации, указанные ранее ограничения могут быть заданы с некоторой степенью неуверенности или функциями принадлежности. Например, ограничения будут иметь вид $P_{ош} \leq P_{ошдоп}$ с вероятностью $P_{нч_ош}$, находящейся в интервале от $P_{нч_ош1}$ до $P_{нч_ош2}$, или с функцией принадлежности $\mu_{P_{нч_ош}}(P_{ош})$. Аналогично можно записать ограничения для времени доставки $T_d \leq T_{доп}$ с вероятностью $P_{нч_T}$ ($\mu_{P_{нч_T}}(T_{ср})$).

Если не предусмотреть возможность учета таких ситуаций при расчете эффективности, то для таких направлений задача может вообще не решаться или $\mathcal{E}_{упр}$ будет рассчитываться по (1) при $P_{потi} = 1$. В результате оценка эффективности управления сетью будет проведена неверно. Для устранения этого недостатка указанные выше ограничения можно учесть введением коэффициента, который будем называть коэффициентом доверия ($K_{дов}$) к информации, передаваемой по i-му направлению. В этом случае выражение (1) примет вид

$$\mathcal{E}_{упр} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{срi}}{T_{срiy}} \cdot \frac{\Delta W_{iy}}{\Delta W_i} \cdot \frac{(1 - P_{потiy}) \cdot K_{дов}}{(1 - P_{потi})}. \quad (3)$$

Получим выражение для этого коэффициента. Задача заключается в необходимости учета непол-

ной и нечеткой информации, как по времени доставки, так и вероятности ошибки в i -м направлении. Так можно учитывать и другие ограничения. Например, надежность характеристики сети.

Для решения такой задачи желательно свести ее к однокритериальной. Сведение двухкритериальной задачи к однокритериальной наиболее просто осуществляется путем введения функции, учитывающей взвешенное значение критериев.

Эта функция имеет вид:

$$\Phi_{li} = W_1 \cdot P_{нч_{ош_i}} + W_2 \cdot P_{нч_{T_i}},$$

где W_1 и W_2 – соответственно весовые коэффициенты, удовлетворяющие условиям $W_1 \leq 1$ и $W_2 \leq 1$. Значения этих коэффициентов могут быть заранее заданы и записаны в банке данных. Решение при управлении может быть принято, если вероятности $P_{нч_{ош}}$ и $P_{нч_{T}}$ удовлетворяют условиям $P_{нч_{ош}} \leq P_{нч_{ош_{min}}}$ и $P_{нч_{T}} \leq P_{нч_{T_{min}}}$. Таким образом, минимальное значение функции Φ_{li} равно $\Phi_{li_{min}} = W_1 \cdot P_{нч_{ош_{min}}} + W_2 \cdot P_{нч_{T_{min}}}$. Вероятности $P_{нч_{ош_{min}}}$ и $P_{нч_{T_{min}}}$ могут быть заданы и записаны в банке данных. Вероятности же $P_{нч_{ош_i}}$ и $P_{нч_{T_i}}$ требуется вычислять. Вычисление этих вероятностей можно проводить по формулам:

$$P_{нч_{ош_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P_1(x_j) \cdot \mu_{P_{нч_{ош_i}}}(x_j);$$

$$P_{нч_{T_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P_2(x_j) \cdot \mu_{P_{нч_{T_i}}}(x_j),$$

где $P_1(x_j)$ и $P_2(x_j)$ – вероятности возникновения признаков, по которым судят о величине вероятностей $P_{нч_{ош_i}}$ и $P_{нч_{T_i}}$; $\mu_{P_{нч_{ош_i}}}(x_j)$ и $\mu_{P_{нч_{T_i}}}(x_j)$ – функции принадлежности, которые принимают значения в пределах (0 - 1); v – число признаков.

В некоторых работах [5,6] функция принадлежности представлена в виде совокупности условных вероятностей. Тогда

$$P_{нч_{ош_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P(x_j) \cdot P(P_{нч_{ош_i}} / x_j);$$

$$P_{нч_{T_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P(x_j) \cdot P(P_{нч_{T_i}} / x_j).$$

Весовые коэффициенты W_1 и W_2 могут быть заданы заранее. При их определении должны учитываться как важность параметра для конкретной решаемой задачи, так и степень неуверенности в полученном значении этого параметра, т.е. пределах его возможных значений.

Если при оценке ситуации важность обоих параметров одинакова, то при определении W_1 и W_2

необходимо учитывать только степень неуверенности в полученных значениях $P_{нч_{ош}}$ и $P_{нч_{T}}$.

Эта степень уверенности может быть определена относительным значением количества полученной информации о состоянии сети:

$$W_{1,2} = \frac{H_{1,2}(x) - H_{1,2}(x/y)}{H_{1,2}(x)} = 1 - \frac{H_{1,2}(x/y)}{H_{1,2}(x)},$$

где $H_{1,2}(x)$ и $H_{1,2}(x/y)$ соответственно энтропия системы до получения и после получения сообщений. Индексы относятся к определению W_1 и W_2 .

Коэффициент доверия должен удовлетворять некоторым требованиям. Он должен быть универсальным и учитывать особенности оцениваемой системы, а в рассматриваемом случае он должен зависеть от $P_{нч_{ош}}$ и $P_{нч_{T}}$. Этот коэффициент должен быть безразмерным и иметь значение в пределах от 0 до 1. Если взвешенное значение функции Φ_1 достигает минимума, он должен быть равен 0, а если максимума, то равен 1. Максимальное значение Φ_1 равно $\Phi_{1i_{max}} = W_1 + W_2$, т.е. когда $P_{нч_{ош}}$ и $P_{нч_{T}}$ равны 1. Таким требованиям удовлетворяет коэффициент доверия вида:

$$K_{дов} = (\Phi_1 - \Phi_{min}) / (\Phi_{1max} - \Phi_{1min}),$$

где Φ_1 – значение функции в момент оценки эффективности. Подставив значения функций Φ_1 , Φ_{1max} и Φ_{1min} в последнее выражение получаем:

$$K_{дов} = \frac{W_1 \cdot (P_{нч_{ош_i}} - P_{нч_{ош_{min}}}) + W_2 \cdot (P_{нч_{T_i}} - P_{нч_{T_{min}}})}{W_1 \cdot (1 - P_{нч_{ош_{min}}}) + W_2 \cdot (1 - P_{нч_{T_{min}}})}. \quad (4)$$

При оценке эффективности должны учитываться только полезные выходные сообщения, т.е. сообщения, которым можно доверять. Критерием выбора альтернативы при принятии решения является максимальная полезность, определяемая величиной повышения эффективности сети. Таким образом, используя предложенную модель (выражения 1-4), как при наличии полной информации, так и в условиях неопределенности, возможно численно оценить эффективность управления сетью, и выбрать более предпочтительное решение, обеспечивающее достижение поставленной цели.

Заключение

В статье описана математическая модель процесса принятия решения при управлении сетевыми ресурсами в условиях неопределенности. Предложенная модель построена на основе использования логико-лингвистического подхода, что позволило описать знания экспертов в виде математических выражений. Предложенная модель позволяет численно оценить эффективность управления сетью, и выбрать наиболее предпочтительное решение.

Список литературы

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер.- СПб.: Питер, 2010.-943 с.: ил.
2. Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / А.Ю. Гребешков. – М.: Эко-Трендз, 2005. -288 с.: ил.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум.- СПб.: Питер, 2003. -992 с.
4. Протоколы и методы управления в сетях передачи данных: Пер. с англ. / Под ред. Ф.Ф.Куо. – М.: Радио и связь, 1985. – 480 с.

5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

6. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. 1986. – 312 с. – (Проблемы искусственного интеллекта).

Поступила в редколлегию 18.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.И. Приходько, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков.

МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО УПРАВЛІННЯ РЕУРСАМИ МЕРЕЖІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Ю.І. Лосев, К.М. Руккас, С.І. Шматков, Мохамед СаламеАбрахім Арабіат

Отримані математичні вирази, що описують процес прийняття рішення при управлінні мережевими ресурсами в умовах невизначеності. Запропонована модель побудована на основі використання логіко-лінгвістичного підходу, що дозволило описати знання експертів у вигляді математичних виразів. Запропонована модель дозволяє чисельно оцінити ефективність управління мережею, і вибрати найбільш краще рішення.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, ефективність управління комп'ютерними мережами, математична модель, прийняття рішення, невизначеність.

DECISION-MAKING MODEL IN MANAGING RESOURCES NETWORKS UNDER UNCERTAINTY

U.I. Losev, K.M.Rukkas, S.I. Shmatkov, Mohammad Salameh Ibrahem Arabiat

Mathematical expressions describing the decision-making process in the control of network resources under uncertainty. The proposed model is based on the use of logical-linguistic approach, which allowed to describe the knowledge of experts in the form of mathematical expressions. The proposed model allows to numerically evaluate the effectiveness of control of network, and select the most preferred solution.

Keywords: computer network, computer efficiency network control, mathematical model.