

УДК 621.395

Ю.И. Лосев¹, С.И. Шматков¹, К.М. Руккас¹, Д. Олоту Олуватосин¹, Ю.М. Малышко²¹ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків² Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків

ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В статье разрабатывается показатель эффективности системы управления распределенной информационной системой в условиях неопределенности. Предложенный показатель за счет введения коэффициента неопределенности позволяет учитывать неточность знаний о временных и вероятностных характеристиках распределенной информационной системы, размер и структуру сети, тип трафика абонентов, стратегии сбора информации о состоянии элементов сети, структуру системы управления.

Ключевые слова: эффективность управления в условиях неопределенности.

Введение

Постановка задачи. Современные распределенные информационные системы (РИС) представляют собой сложный программно-аппаратный комплекс, который используется для передачи и обработки различных типов трафика. Все большее распространение получают новые технологии, связанные с обработкой и передачей информации по каналам связи не только компьютерных данных, но голосовой и видеoinформации. Распределенный характер крупной со сложной структурой РИС делает невозможным поддержание ее работы на должном уровне без системы управления, которая также является сложной системой. Для функционирования системы управления необходима информация о состоянии элементов РИС. Поскольку эта информация поступает из той же сети, которая управляется, может возникнуть ситуация, когда она будет неполной или неточной. Следовательно, возникает необходимость разработки методов принятия решения при управлении РИС в условиях информационной неопределенности. Для этого необходимо иметь возможность оценить эффективность различных вариантов управления РИС в условиях неопределенности.

Цель статьи: разработки методики оценки эффективности управления РИС в условиях неопределенности.

Анализ последних исследований и публикаций. При оценке эффективности работы РИС в процессе управления необходимо учитывать качество обслуживания и приоритетность передачи информации. В [1 – 3] описаны некоторые вопросы реализации заданного качества обслуживания в сетях, однако в них не учитывается тот факт, что информация имеет свою ценность, причем с увеличением времени задержки в передаче или обслуживании ценность информации уменьшается, т.е. происходит ее старение. Поскольку эта информация поступает из той же сети, которая управляется, может возникнуть ситуа-

ция, когда она будет неполной или неточной [1, 2]. В различных предметных областях используются различные подходы к учету неопределенности в процессе принятия решения [3, 4]. Одним из эффективных способов учета неопределенности является использование математического аппарата теории нечетких множеств [3, 4]. Однако в приведенных выше и других известных источниках не учитывается особенности процесса принятия решения в распределенных информационных системах.

Изложение основного материала

При выборе показателя эффективности необходимо руководствоваться следующими требованиями: возможностью измерения параметров, входящих в показатель; системностью оценки эффективности; возможностью учета всех существующих параметров; однозначностью оценки; учетом особенностей решаемых задач. Как уже отмечалось, основное назначение РИС состоит в обеспечении потребностей ее абонентов в услугах по доставке необходимой информации с требуемым качеством. Поэтому эффективность управления процессом обработки и доставки информации предлагается оценивать по результатам прироста эффективности распределенной информационной системы при наличии управления $\mathcal{E}_{\text{рису}}$ относительно ее эффективности без управления ($\mathcal{E}_{\text{рис}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \mathcal{E}_{\text{рису}} / \mathcal{E}_{\text{рис}}$$

Эффективность распределенной информационной системы при наличии управления осуществляется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{рису}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{n_i}}{T_{\text{ср}_{iy}}} \Delta W_{iy} (1 - P_{\text{пот}_{iy}}). \quad (1)$$

В результате эффективность управления определяется

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{\text{ср}_{i}}}{T_{\text{ср}_{iy}}} \cdot \frac{\Delta W_{iy}}{\Delta W_i} \cdot \frac{(1 - P_{\text{пот}_{iy}})}{(1 - P_{\text{пот}_i})}. \quad (2)$$

При условии обеспечения качества обслуживания $P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ошдоп}}$, $T_{\text{д}} \leq T_{\text{доп}}$. Выражение (2) можно использовать для оценки средств, способов и стратегий управления ресурсами РИС, обеспечивающих максимум величины $\mathcal{E}_{\text{упр}}$, т.е. в процессе управления надо стремиться к минимизации $T_{\text{ср}_{iу}}$, увеличению $\Delta W_{iу}$ и уменьшению $P_{\text{пот}_{iу}}$.

Среднее время доставки i -го сообщения включает в себя время задержки на центре коммутации T_{3_i} и время передачи по каналу связи $T_{\text{пер}_i}$:

$$T_{\text{ср}_i} = T_{3_i} + T_{\text{пер}_i}.$$

Эффективность РИС при наличии системы управления $\mathcal{E}_{\text{рису}}$ зависит от качества функционирования системы динамического управления РИС. В общем случае эта эффективность определяется вероятностью правильного принятия решения, которая в свою очередь, зависит от размера распределенной информационной системы, количества абонентов, типа трафика, выбранной стратегии сбора информации о состоянии элементов РИС, выбранного алгоритма принятия решения, количества выделенных для решения задач управления ресурсов РИС. Будем считать, что вероятность правильного управления должна быть не менее заданной. В условиях неопределенности не всегда можно определить значения времени доставки и вероятности потери сообщения и тем более учесть накладываемые на качество передаваемой информации ограничения. Кроме этого, в условиях неопределенности указанные ранее ограничения по времени и вероятности доставки могут быть заданы с некоторой степенью неуверенности. Например, ограничения будут иметь вид $P_{\text{пот}_{iу}} < P_{\text{пот}_i}$ с вероятностью $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$, находящейся в интервале от $P_{\text{нч}_{\text{ош}1}}$ до $P_{\text{нч}_{\text{ош}2}}$, или с функцией принадлежности $\mu_{P_{\text{нч}_{\text{ош}}}}(P_{\text{ош}})$. Аналогично можно записать ограничения для времени доставки $T_{\text{д}} \leq T_{\text{доп}}$ с вероятностью $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$ ($\mu_{P_{\text{нч}_{\text{т}}}}(T_{\text{ср}})$).

Для учета неопределенности наших знаний о качестве обслуживания абонентов РИС введем коэффициент, который будем называть коэффициентом доверия ($K_{\text{дов}}$) к информации, передаваемой по i -му направлению. Этот коэффициент должен оказывать влияние на $\mathcal{E}_{\text{упр}}$, т.е. выражение (2) примет вид

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{\text{ср}_i} \cdot \Delta W_{iу} \cdot (1 - P_{\text{пот}_{iу}}) \cdot K_{\text{дов}}}{T_{\text{ср}_{iу}} \cdot \Delta W_i \cdot (1 - P_{\text{пот}_i})}. \quad (3)$$

Определим методику расчета для этого коэффициента. Задача заключается в необходимости учета неполной и нечеткой информации, как по основным вероятностно-временным параметрам на i -м направлении. Для решения такой задачи желательно свести ее к однокритериальной. Сведение много-

критериальной задачи к однокритериальной наиболее просто осуществляется путем введения функции, учитывающей взвешенное значение критериев:

$$\Phi_{li} = W_1 \cdot P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}} + W_2 \cdot P_{\text{нч}_{\text{т}_i}},$$

где W_1 и W_2 – соответственно весовые коэффициенты, удовлетворяющие условиям $W_1 \leq 1$ и $W_2 \leq 1$. Решение при управлении ресурсами РИС может быть принято, если вероятности $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$ удовлетворяют условиям $P_{\text{нч}_{\text{ош}}} \leq P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{min}}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}} \leq P_{\text{нч}_{\text{т}_{\text{min}}}}$, т.е. $\Phi_{li_{\text{min}}} = W_1 \cdot P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{min}}}} + W_2 \cdot P_{\text{нч}_{\text{т}_{\text{min}}}}$.

Вероятности $P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{min}}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}_{\text{min}}}}$ могут быть заданы априорно, а вероятности $P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}_i}}$ необходимо вычислять. Эти вероятности можно представить как средневзвешенное значение вероятности появления параметров, по которым судят по их величине. Эти вычисления можно проводить по формулам:

$$P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P_1(x_j) \cdot \mu_{P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}}}(x_j);$$

$$P_{\text{нч}_{\text{т}_i}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P_2(x_j) \cdot \mu_{P_{\text{нч}_{\text{т}_i}}}(x_j),$$

где $P_1(x_j)$ и $P_2(x_j)$ – вероятности появления параметров, по которым судят о величине вероятностей $P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}_i}}$; $\mu_{P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}}}(x_j)$ и $\mu_{P_{\text{нч}_{\text{т}_i}}}(x_j)$ – функции принадлежности, которые вероятностно-временные характеристики доставки информации в РИС; v – число признаков. В качестве признаков могут быть характеристики РИС, которые коррелируют со временем и вероятностью доставки, и которые легко измерить. В [3, 4] функция принадлежности представлена в виде совокупности условных вероятностей $P\left(P_{\text{нч}_{\text{ош}_{i,2}}} / x_j\right)$. Тогда

$$P_{\text{нч}_{\text{ош}_{i,2}}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P(x_j) \cdot P\left(P_{\text{нч}_{\text{ош}_{i,2}}} / x_j\right);$$

$$P_{\text{нч}_{\text{т}_{i,2}}} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v P(x_j) \cdot P\left(P_{\text{нч}_{\text{т}_{i,2}}} / x_j\right).$$

В этих выражениях индексы 1,2 определяют область возможных значений условных вероятностей, которая обусловлена степенью неуверенности оценки состояния элементов РИС из-за неполной полученной информации. Весовые коэффициенты W_1 и W_2 должны учитывать как важность параметра для конкретной решаемой задачи, так и степень неуверенности в полученном значении этого параметра и могут быть определены следующим образом:

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

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

$$H(x/y) = \log_2 \Delta P_{\text{нч}_{1,2}} / \Delta V_{1,2}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{\text{нч}_{1,2}} = i \cdot \Delta V_{1,2}$, $i=1,2,\dots$

После подстановки значений энтропии в (4) получим: $W_{1,2} = \log_2 \Delta P_{\text{нч}_{1,2}} / \log_2 \Delta V_{1,2}$.

Из этого выражения видно, что с увеличением степени неуверенности $H(x/y)$ стремится к $H(x)$, а весовые коэффициенты стремятся к 0.

Коэффициент доверия должен удовлетворять следующим требованиям: должен быть универсальным, безразмерным и иметь значение в пределах от 0 до 1, учитывать особенности оцениваемой системы, а в рассматриваемом случае он должен зависеть от $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{T}}}$ и имеет вид:

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

где Φ_1 – значение функции в момент оценки эффективности, т.е.

$$K_{\text{дов}_i} = \frac{W_{1i} \cdot (P_{\text{нч}_{\text{ош}_i}} - P_{\text{нч}_{\text{ош}_i\text{min}}}) + W_{2i} \cdot (P_{\text{нч}_{\text{T}_i}} - P_{\text{нч}_{\text{T}_i\text{min}}})}{W_1 \cdot (1 - P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{min}}})} + W_2 \cdot (1 - P_{\text{нч}_{\text{T}_{\text{min}}})}$$

Таким образом, в качестве критерия выбора варианта распределения ресурсов РИС необходимо использовать величину повышения эффективности РИС, т.е как при наличии полной информации, так и в условиях неопределенности имеется возможность численно оценить эффективность управления ресурсами РИС, а разработанный показатель эффективности обеспечивает возможность оценить средства, стратегии и способы достижения поставленной цели.

Выводы

Разработан показатель эффективности системы управления распределенной информационной сис-

темой. Показано, что эффективность управления процессами обработки и доставки информации необходимо оценивать по результатам прироста эффективности сети (относительной скорости передачи и обработки) при наличии управления относительно ее эффективности без управления при условии обеспечения требуемого качества обслуживания. Показана необходимость и возможность учета при управлении важности (ценности) передаваемой информации. Разработана методика оценки важности потоков информации, которая учитывает не только вес этого потока в общем потоке данных в сети, но и его ценность для решения задач управления. Ценность информации определяется относительной величиной вероятности правильного и своевременного решения при наличии и отсутствии информации.

Предложен метод оценки эффективности управления в условиях неопределенности. Получено выражение, обеспечивающее возможность численной оценки эффективности управления в условиях неопределенности информации путем введения коэффициента доверия, учитывающего возможность наличия неполной и нечеткой информации как по времени доставки, так и вероятности ошибки. Показана методика определения этого коэффициента.

Список литературы

1. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с. с ил.
2. Берсекас Д. Сети передачи данных / Д. Берсекас, Р. Галлагер. – М., Мир, 1989. – 544 с. ил.
3. Заболотский В.П. Семантические меры информации / В.П. Заболотский, А.А. Оводенко, А.Г. Степанов // Математические модели в управлении: учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2001.
4. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 1981. – 208 с.

Поступила в редколлегию 2.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. А.А. Можаяев, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Ю.І. Лосєв, С.І. Шматков, К.М. Руккас, Д. Олоту Олуватосин, Ю.М. Малишко

Визначається показник ефективності системи управління розподіленою інформаційною системою в умовах невизначеності. Запропонований показник за рахунок введення коефіцієнта невизначеності дозволяє враховувати неточність знань про тимчасові та імовірнісні характеристики розподіленої інформаційної системи, розмір і структуру мережі, тип трафіку абонентів, стратегії збору інформації про стан елементів мережі, структуру системи управління.

Ключові слова: ефективність, управління в умовах невизначеності.

PERFORMANCE INDICATORS CONTROL SYSTEMS DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS UNDER UNCERTAINTY

Yu.I. Losev, S.I. Shmatkov, K.M. Rukkas, D. Olotu Oluwatosin, Yu.M. Malysenko

The paper developed performance indicator management system distributed information systems under uncertainty. The proposed measure by introducing uncertainty factor takes into account the inaccuracy of knowledge about the temporal and probabilistic characteristics of a distributed information system, the size and structure of the network, the type of traffic subscribers strategy of gathering information about the status of the network elements, the structure of the control system.

Keywords: efficiency, decision making under uncertainty.