

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

к.т.н. С.Н. Звиглянич, Ю.В. Лоевский  
(представил проф. А.В. Королёв)

*Предложен подход к определению граничных значений вероятности передачи информации между пунктами управления. Вводится понятие информационного потенциала пункта управления. В основу подхода положено представление системы управления в виде графа и нахождение в нем минимального пути, а также рассмотрение пункта управления в виде системы массового обслуживания.*

Систему управления представим в виде графа  $G=(V(G),E(G))$ , где  $V(G)$  непустое конечное множество элементов, называемых вершинами (пункты управления), а  $E(G)$  – конечное семейство неупорядоченных пар элементов из  $V(G)$ , называемых ребрами (каналы связи, соединяющие пункты управления). Каждое ребро имеет нагрузку  $c_{ij}$ , физический смысл которой определяется вероятностью передачи информации  $p_{ij}$  между  $i$ -м пунктом управления (ПУ) и  $j$ -м соответственно.

Пусть необходимо передать информацию из ПУ с номером  $s$  в ПУ с номером  $t$ . В терминах теории графов эта задача сводится к отысканию путей между вершинами  $s$  и  $t$  графа  $G$  [1].

Если с учетом нагрузки ребер найти кратчайший путь между заданными вершинами  $s$  и  $t$ , то произведение  $p_{ij}$  ребер пути  $P_{st}^{\min}$  определит наихудшую вероятность передачи информации из ПУ  $s$  в ПУ  $t$ . Другими словами, исходя из принципа гарантированного результата, в этом случае вероятность приема информации ПУ с номером  $t$   $P_{st}^t \geq P_{st}^{\min}$ .

Изменим физический смысл  $c_{ij}$ . Пусть  $c_{ij} = 1 - p_{ij}$ , то есть нагрузка ребер есть вероятность того, что информация от  $j$ -го ПУ к  $i$ -му не будет передана. Тогда произведение всех  $p_{ij}$  кратчайшего пути  $P_{st}^{\max}$  определит наилучшую вероятность приема информации.

Суммируя сказанное, можно записать, что

$$P_{st}^{\max} \geq P_{st}^t \geq P_{st}^{\min}. \quad (1)$$

Таким образом, выражение (1) дает возможность определить граничные значения вероятности приема информации конечным ПУ  $t$  при передаче ее с начального ПУ  $s$ .

Рассмотрим информационную сторону исследуемого вопроса. Подчеркнем, что управление возможно лишь в случае, где необходимость

диалектически противостоит случайности. Чтобы управлять, надо иметь выбор. Ситуация, в которой мы хотим осуществлять управление, должна нести в себе неопределенность. Неопределенность можно сопоставить с нехваткой информации. Осуществляя управление, мы вносим информацию и тем самым уменьшаем неопределенность [2].

Рассмотрим один из ПУ системы управления [3]. Пусть  $\zeta$  - случайная дискретная величина, отражающая число сообщений, необходимых для принятия решения. Она может принимать значения  $0, 1, 2, \dots, n$  с вероятностями, равными соответственно  $p_0, p_1, p_2, \dots, p_n$ . В рассматриваемой ситуации количество информации (в битах), необходимой на ПУ, выражается формулой Шеннона

$$I_n(\zeta) = \sum_{i=0}^n p_i \log_2 \frac{1}{p_i}. \quad (2)$$

В реальных условиях ПУ получает не все сообщения, т.е.

$$I_n(\zeta) = \sum_{i=0}^n p_i \log_2 \frac{1}{p_i} - \sum_{i=m}^n p_i \log_2 \frac{1}{p_i}, \quad (3)$$

где  $I_n(\zeta)$  - полученная информация после прихода  $m$  сообщений.

Задача ПУ сводится к обеспечению минимального значения остаточной неопределенности (энтропии), характеризующей условия принятия решения. В данном случае остаточная энтропия равна

$$H_0(\zeta) = \sum_{i=m}^n p_i \log_2 \frac{1}{p_i}. \quad (4)$$

Цель работы системы управления есть принятие решения на применение оружия. Качество решения, а, следовательно, и достижение поставленной цели будет определяться полнотой полученной информации всеми задействованными в процессе управления ПУ при решении конкретной задачи.

В качестве модели ПУ определим одноканальную СМО с произвольным распределением времени обслуживания, работающую в стационарном режиме. Для простоты рассмотрения входной поток сообщений будем считать простейшим. Отметим, что в большинстве случаев при этом погрешность результатов решения находится в пределах 3 - 5 % и лишь в отдельных случаях составляет 10 - 12 % номинального [4].

Итак, если на вход рассматриваемой СМО поступает простейший поток сообщений с интенсивностью  $\lambda$ , а время обслуживания имеет произвольное распределение с математическим ожиданием  $\bar{t}_{об} = 1/\mu$  и коэффициентом вариации  $v_\mu$ , то среднее число сообщений в очереди равно

$$L_{оч} = \frac{\rho^2(1 + v_\mu^2)}{2(1 - \rho)}, \quad (5)$$

где  $\rho = \lambda / \mu$ , а  $v_\mu$  - отношение среднеквадратического отклонения времени обслуживания к его математическому ожиданию.

Отметим, что интенсивность  $\mu$  зависит и от качества работы операторов ПУ. Введем коэффициент  $\eta$ , учитывающий вероятность правильной работы операторов ПУ, тогда  $\mu_{\text{ПУ}} = \eta \cdot \mu$ . Будем считать, что очередь определяет число сообщений, непоступивших на ПУ. Тогда энтропия очереди

$$H_o(\zeta) = \sum_{i=1}^{L_{\text{оч}}} p_i \log_2 \frac{1}{p_i} . \quad (6)$$

Сделаем допущение, что все сообщения в очереди равновероятны. Тем самым переходим от формулы Шеннона к формуле Хартли  $H_o = \log_2 L_{\text{оч}}$ . При таком рассмотрении параметрами, характеризующими работу ПУ, есть интенсивности  $\lambda$ ,  $\mu_{\text{ПУ}}$ , МОЖ и СКО времени обслуживания. Определим информационный потенциал ПУ  $W_{\text{ПУ}}$ , как

$$W_{\text{ПУ}} = \log_2 \left( \frac{\rho^2 (1 + v_\mu^2)}{2(1 - \rho)} \right) . \quad (7)$$

С учетом минимальных путей для  $P_{\text{st}}^{\min}$  и  $P_{\text{st}}^{\max}$  вычислим значения информационного потенциала  $W_{\text{ПУ}}^{\max}$ ,  $W_{\text{ПУ}}^{\min}$  как суммы для определенных кратчайших путей информационных потенциалов соответствующих ПУ. Данные показатели характеризуют информационные возможности системы управления с учетом состояния каналов связи.

Предложенные показатели функционирования системы управления позволяют провести оценку ее работы с учетом граничных значений вероятности передачи информации между пунктами управления, а также оценить информационные возможности системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кристофидес Н. Теория графов. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
2. Тарасов Л.В.. Мир, построенный на вероятности. – М.: Просвещение, 1984. – 453 с.
3. Звиглянич С.Н., Бархударин Н.В. Оценка эффективности системы управления войсками // Информатика. – К.: Наук. думка. – 1999. – С. 152 - 155.
4. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. – М.: Сов. радио, 1969. – 293 с.

Поступила 15.01.2002

**ЗВИГЛЯНИЧ Сергей Николаевич**, канд. техн. наук, СИС, нач. отдела ВЦ КИ при ХВУ. 1983 году закончил факультет руководящего инженерного состава ВА им. Дзержинского. Область научных интересов – военная кибернетика, информатика, системный анализ.

**ЛОЕВСКИЙ Юрий Витальевич**, адъюнкт ХВУ, в 1998 году закончил Академию ВС Украины. Область научных интересов – военная кибернетика, информатика, системный анализ.