



МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ПОДСИСТЕМЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ РЕЧНЫХ АСУДС

А. В. Бояров (СПГУВК)
Е. Л. Бродский (ГБУ «Волго-Балт»)

Необходимость повышения безопасности транспортного процесса на внутренних водных путях (ВВП) России требует постоянного развития и совершенствования технических средств и систем, задействованных в данном процессе. Актуальность этой задачи обусловлена предстоящим вступлением России во Всемирную торговую организацию и в перспективе открытием ВВП России для иностранного флота.

Развитие новых (прежде всего информационных) технологий позволяет использовать их для обеспечения безопасности транспортного процесса. Решение поставленной задачи возможно на путях совершенствования речных автоматизированных систем управления движением судов (АСУДС). Одной из важнейших составляющих АСУДС является подсистема информационно-диспетчерской службы (ИДС).

Перспективным типом информационно-диспетчерской службы, которая может использоваться как составляющая АСУДС, является ИДС информационного обслуживания, представленная на рис. 1.

ИДС информационного обслуживания — это информационная система, основными функциями которой являются прием и накопление полученной информации, ее интеллектуальная обработка и передача внешним потребителям (абонентам) на доступные им технические средства.

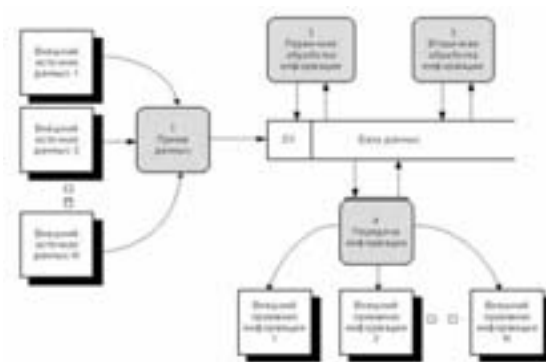


Рис. 1. ИДС информационного обслуживания

При этом алгоритм обработки и передачи информации может быть настроен в соответствии с требованиями абонента.

Информация, которой оперирует ИДС, может быть типизирована с точки зрения источника ее поступления и приемника, на который она передается. Например, входящая информация может быть типизирована следующим образом: радиолокационная, поступающая по системе судовых сообщений, информация АИС.

Очевидно, что функционирование ИДС носит во многом вероятностный характер. Для того чтобы выявить производительность системы, спроектировать оптимальную архитектуру программного обеспечения и выбрать аппаратные средства, необходимо проанализировать основные характеристики функционирования ИДС информационного обслуживания.

Для количественного анализа работы ИДС представляется возможным применить методы теории массового обслуживания, а данную систему представить как систему массового обслуживания (СМО).

С точки зрения СМО ИДС можно классифицировать как многоканальную систему с бес-

конечным числом требований, с потерями, многофазную, с несколькими очередями и беспriorитетной дисциплиной обслуживания.

Данные каждого типа информации можно представить как отдельный информационный поток (ИП). Очевидно, что вероятность поступления ИП на вход системы носит случайный характер. Как следствие, процессы обработки и передачи информации потребителю также зависят от ряда заранее не известных факторов.

Информационные потоки являются весьма важным элементом функционирования ИДС. С точки зрения функци-

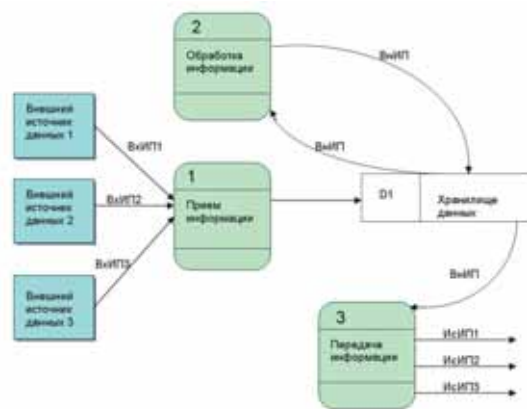


Рис. 2. ИП ИДС информационного обслуживания

онирования системы можно выделить два основных типа информационных потоков:

1) входящие ИП (ВхИП) — это данные, поступающие от внешних источников, например: рейсовая информация от судовладельцев, информация, поступающая в системе судовых сообщений по УКВ-радиосвязи, информация АИС, радиолокационная информация;

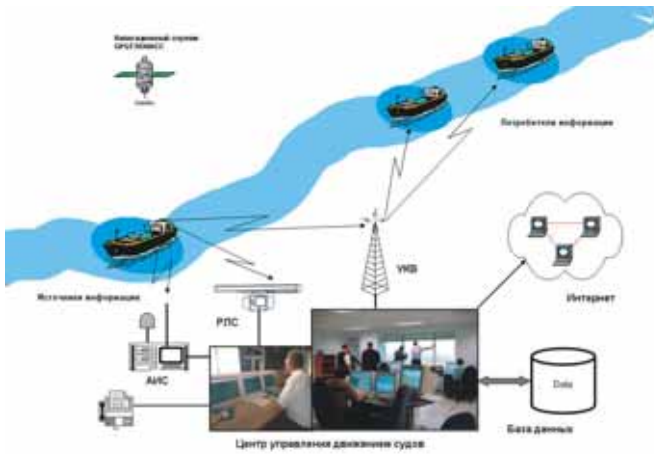


Рис. 3. Источники и потребители информации

2) исходящие ИП (ИсИП) — это данные, предназначенные для внешних потребителей информации, например: путевая информация, включающая гидрометеорологические и навигационные данные, информация о дислокации флота, о техническом состоянии судов и т. д. На рис. 2 представлены основные информационные потоки ИДС информационного обслуживания, а на рис. 3 — реальные источники и потребители информации.

Входящие и исходящие информационные потоки ИДС могут быть рассмотрены как входящие и исходящие потоки требований СМО.

Анализ реально существующих на ВВП информационных потоков показывает, что рассматриваемые потоки требований могут быть представлены как простейшие, которым свойственны:

- стационарность (распределение не зависит от положения интервала T на оси времени и зависит только от длительности T);
- отсутствие последствия (для любых двух непересекающихся промежутков времени число событий, наступающих за один из них, не зависит от числа событий, наступающих за другой);
- ординарность (вероятность наступления за элементарный (малый) промежуток времени более одного события пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью наступления за этот промежуток времени одного события).

Случайный характер потока требований и длительности их обслуживания порождает в СМО случайный процесс.

Случайным процессом (или случайной функцией) называется соответствие, при котором каждому значению аргумента (в данном случае — моменту из промежутка времени проводимого опыта) ставится в соответствие случайная величина (в данном случае — состояние СМО).

Случайной называется величина, которая в результате опыта может принять одно, но не известное заранее числовое значение из данного числового множества.

Количественное описание функционирования СМО значительно упрощается, если протекающий в ней случайный процесс является марковским.

Случайный процесс, протекающий в СМО, называется марковским, если вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от ее состояния в настоящем и не зависит от ее состояний в прошлом.

Для марковского процесса работа СМО описывается с помощью аппарата системы дифференциальных уравнений первого порядка.

$$P'_j(t) = -\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \lambda_{ji}\right)P_j(t) + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n P_i(t)\lambda_{ij}$$

где i, j — индексы состояния, $j = 0, \dots, n, i = 0, \dots, n$; $P_j(t)$ — вероятность того, что система в момент t находится в состоянии j .

В результате удается выразить в явном виде основные характеристики эффективности функционирования СМО через параметры этой системы, потока заявок и дисциплины работы СМО. Данные расчетные соотношения приводятся с учетом того, что СМО, моделирующая ИДС, является многоканальной, с числом каналов K и ограниченной очередью m ($M/M/K/m$). Поток требований простейший, с параметром λ . Обслуживание в канале — по показательному закону с параметром μ . Дисциплина обслуживания — беспriorитетная.

Основные характеристики системы могут быть описаны следующими выражениями.

Вероятность простоя системы:

$$P_0 = \left[1 + \sum_{j=1}^K \rho^j \frac{1}{j!} + \frac{\rho^{K+1}(1-\rho_c^m)}{K * K!(1-\rho_c)} \right]^{-1} \quad \rho_c = \frac{\lambda}{K\mu}$$

Вероятность отказа в обслуживании:

$$P_{отк} = \frac{\rho^{K+m}}{K^m * K!} * P_0$$

Среднее число занятых каналов в системе:

$$\bar{K}_з = \rho(1 - P_{отк})$$

Число требований в очереди:

$$n_0 = \frac{\rho^{K+1} * P_0}{K * K!} * \left\{ \frac{1 - \rho_c^m [m + 1 - m\rho_c]}{(1 - \rho_c)^2} \right\}$$

Среднее время ожидания требования в очереди:

$$\bar{t}_{ож} = \frac{n_0}{\lambda}$$

Среднее число требований в системе:

$$\bar{j} = \bar{n}_0 - \bar{K}_з$$

Число требований в очереди:

$$\bar{t}_c = \bar{t}_{ож} + \frac{1}{\mu} (1 - P_{отк})$$

Важным параметром любой СМО является дисциплина обслуживания требований. В практическом плане это означает, что система должна различать входящую информацию по степени важности (например, информация об аварии судна) и обрабатывать ее в порядке, предусмотренном дисциплиной обслуживания.

Существуют следующие основные варианты этого параметра:

- 1) беспriorитетное обслуживание. В этом случае требование, поступающее на вход, помещается в очередь

- и находится там до тех пор, пока не будет обслужено;
- 2) обслуживание с приоритетами:
 - 2.1) абсолютный приоритет. Требование занимает обслуживающий прибор с прерыванием фазы обслуживания другого требования;
 - 2.2) относительный приоритет. Требование занимает обслуживающий прибор без прерывания фазы обслуживания другого требования;
 - 3) обслуживание со смешанными приоритетами.

Дисциплина обслуживания называется смешанной, если наряду с абсолютными приоритетами допускается присвоить относительные приоритеты некоторым требованиям, а остальные обслуживать без приоритетов. Такая дисциплина обслуживания имеет место, когда существуют жесткие ограничения на время ожидания отдельных режимов, что требует присвоения им абсолютных приоритетов. В результате этого время ожидания отдельных низкоприоритетных требований может оказаться недопустимо большим, хотя некоторые из них и имеют запас по времени ожидания.

В условиях практической эксплуатации ИДС наиболее вероятными могут быть дисциплины обслуживания поступающих информационных потоков без приоритета и с приоритетом (абсолютным и относительным).

Базовой характеристикой качества обслуживания для различных дисциплин является среднее время ожидания — $t_{ож}$

При бесприоритетном обслуживании:

$$t_{ожi} = T_0 + \sum_{i=1}^n T_i, (i = \overline{1, n}) \quad \text{где}$$

T_0 — время обслуживания всех требований с более высоким или таким же приоритетом, поступивших в систему ранее рассматриваемого;

T_i — время обслуживания всех требований с более высоким приоритетом, чем i , поступивших в систему за время ожидания $t_{ожi}$ рассматриваемого требования.

При помощи ряда последовательных преобразований получаем, что для различных типов требований среднее время ожидания при бесприоритетной дисциплине обслуживания одинаково, т.е.

$$\overline{t_{ож}} = \overline{T_0} / (1 - R) \quad \text{где } R - \text{коэффициент загрузки}$$

При обслуживании с относительным приоритетом время ожидания из i -го потока:

$$t_{ожi} = T_0 + \sum_{k=1}^i T'_k + \sum_{k=1}^{i-1} T''_k, i = \overline{1, n} \quad \text{где}$$

$\sum_{k=1}^i T'_k$ - время обслуживания всех требований с более высоким приоритетом или таким же приоритетом, поступивших в систему ранее рассматриваемого;

$\sum_{k=1}^{i-1} T''_k$ - время обслуживания всех требований с более высоким приоритетом, чем i , поступивших в систему за время ожидания рассматриваемого требования.

Проведя последовательные преобразования, получим:

$$\overline{t_{ожi}} = \frac{\overline{T_0}}{(1 - R_{i-1})(1 - R_i)}, i = \overline{1, n}$$

При обслуживании с абсолютным приоритетом рассматривается вариант, когда требование возвращается к обслуживанию с того места, где оно было прервано. Такая дисциплина обслуживания называется дисциплиной с абсолютным приоритетом и дообслуживанием.

В данном случае среднее время ожидания требований при использовании дисциплины с абсолютными приоритетами составляет

$$\overline{t_{ож,i}} = \frac{R_{i-1} \overline{x_i}}{1 - R_{i-1}} + \frac{\sum_{k=1}^i \lambda_k v_k^{(2)}}{2(1 - R_i)(1 - R_{i-1})}, (i = \overline{1, n})$$

где λ_k — интенсивность входящего потока;
 $\overline{x_i}$ — среднее время обслуживания;
 $v_k^{(2)}$ — второй начальный момент длительности обслуживания.

Выводы

1. Решение задачи повышения безопасности транспортного процесса на ВВП возможно на путях совершенствования речных АСУДС.
2. Одной из важнейших составляющих АСУДС является подсистема ИДС.
3. Перспективным типом информационно-диспетчерской службы является ИДС информационного обслуживания.
4. Основными функциями ИДС информационного обслуживания являются интеллектуальная обработка информации, а также обеспечение ее передачи внешним потребителям (абонентам) на доступные им технические средства. Алгоритм обработки и передачи информации может быть настроен в соответствии с требованиями получателя информации (абонента).
5. Очевидно, что вероятность поступления на вход системы ИП носит случайный характер. Как следствие, процессы обработки и передачи информации потребителю также зависят от ряда заранее не известных факторов. Таким образом, функционирование ИДС носит во многом вероятностный характер.
6. Для количественного анализа работы ИДС представляется возможным применить методы теории массового обслуживания, а саму систему представить как СМО.
7. С точки зрения СМО ИДС можно классифицировать как многоканальную систему с бесконечным числом требований, с потерями, многофазную, с несколькими очередями и бесприоритетной дисциплиной обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование систем с использованием теории массового обслуживания: Учебное пособие/ Под ред. Колесникова Д.Н. — СПб: ГПУ, 2003.
2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. — М.: Наука, 1987.
3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. — М.: Мир, 1979.

