

ВЛИЯНИЕ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ

В.К. Снежко, канд. техн. наук, доцент

С.А. Якушенко, д-р техн. наук, доцент

А.Н. Забело, канд. воен. наук, доцент

С.С. Веркин, канд. техн. наук

**Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного
(Россия, г. Санкт-Петербург)**

DOI:10.24412/2500-1000-2024-11-3-225-229

Аннотация. В работе рассматривается решение задач с использованием навигационных технологий, что повышает эффективность управления за счет многократного сокращения времени на сбор информации о состоянии объектов управления, улучшения точности определения местоположения подвижных объектов, оптимизации маршрутов движения с учетом комплексного воздействия противника и сокращение времени на установление связи с объектами, а также улучшает устойчивость функционирования элементов системы связи.

Ключевые слова: система управления, эффективность управления, точность определения местоположения, навигационное обеспечение, показатели управления, цикл управления.

Управление – это тот процесс, от которого зависит своевременность и полнота выполнения поставленной задачи. Эффективность управления в любых условиях значительно возрастет при внедрении в систему управления современных интегрированных технологий. В условиях арктических просторов, отсутствия ориентиров и незнакомой местности важное значение приобретают технологии позиционирования и точного определения своего местоположения. Поэтому интеграция в систему управления навигационных технологий является актуальным направлением повышения её эффективности.

Показатели управления

Рассмотрим общие принципы управления. Для этого сформируем показатели качества системы управления (СУ) на основе её внутренних характеристик. Одной из таких характеристик является оперативность управления, под которой понимается способность СУ своевременно решать свои задачи, формировать и исполнять управляющие воздействия, не допуская необратимых процессов. Необходимость в оперативном управлении обусловлена тем, что в процессе функционирования

сети возникают проблемные ситуации, под которыми понимается несоответствие между фактическим и плановым состоянием объекта управления. Проблемная ситуация требует реакции СУ на её устранение, т.е. возникает необходимость решения задач оперативного управления.

Для решения таких проблемных ситуаций необходимо оперативно, точно и своевременно отслеживать состояние объектов, сокращая, таким образом, цикл управления и повышая достоверность информации. В настоящее время для этих целей широко внедряются интегрированные системы навигации, связи, управления (ИС НСУ), наблюдения, разведки и т.п.

Процесс управления начинается с момента выявления контролем проблемной ситуации и продолжается до момента её устранения. Этот отрезок времени называется циклом управления ($T_{ц\text{у}}$) – это первая характеристика оперативного управления.

Составными частями (основными фазами) управления являются: время сбора информации ($t_{сб}$); время принятия решения ($t_{пр.р}$) и время восстановления ($t_{восст}$)

$$T_{ц\text{у}} = t_{сб} + t_{пр.р} + t_{восст}. \quad (1)$$

Время сбора информации включает в себя время контроля t_k и время передачи информации $t_{пер}$ от контролируемых элементов на пункт управления (ПУ), в частности, полевой сетью связи $t_{сб} = t_k + t_{пер}$.

Продолжительность цикла управления не должна превышать некоторой пороговой величины, по истечении которой может произойти срыв управления, т. е. ограничение на длитель-

ность цикла управления может быть представлено в виде $T_{цу} < T_{доп}$, где $T_{доп}$ – пороговое время, по истечении которого может произойти срыв управления.

Затраты времени на принятие решения и восстановление назовём временем реакции системы управления на проблемную ситуацию

$$t_p = t_{пр.р} + t_{вост.}$$

Тогда длительность цикла управления определяется выражением

$$T_{цу} = t_k + t_{пер} + t_p. \quad (2)$$

Учитывая случайный характер факторов времени, определявших состояние сети, запишем

$$p_{оу} = p(T_{цу} < T_{доп}) > p_{оп тр}, \quad (3)$$

где $p_{оу}$ – вероятность оперативного управления, показывающая с какой вероятностью время цикла управления, не превысит допустимое, приводящее к срыву управления.

Требуемая её величина для тактической зоны не должна быть ниже 0,9. Это вторая характеристика оперативности управления.

Требования к циклу управления

Обоснуем требования к циклу управления на основе теории массового обслуживания. Допустим, что используется одноканальная

система сбора информации, интервалы времени исправного функционирования элементов сети являются независимыми, экспоненциально распределенными случайными величинами с интенсивностью выхода из строя элементов сети v . Интервалы времени восстановления также независимы и экспоненциально распределены с интенсивностью восстановления элементов α . Тогда плотность распределения величины времени цикла управления $\omega(T_{цу})$ имеет вид

$$w(T_{цу}) = \begin{cases} \exp[-cT_{цу}], & \text{при } T_{цу} > 0 \\ 0, & \text{при } T_{цу} \leq 0, \end{cases} \quad (4)$$

где c – среднее значение интенсивности (частота) решения задач управления в единицу времени (частность решения задач).

Частность решения задач управления

$$c(\Delta t) = 2k \frac{v/\alpha}{(1+v/\alpha)^2} \{1 - e^{-(\alpha+v)\Delta t}\} = 2k \frac{\rho}{(1+\rho)^2} \{1 - e^{-(\alpha+v)\Delta t}\}, \quad (5)$$

где Δt – интервал времени, для которого рассчитывается c ; k – масштабный коэффициент, $\rho = v/\alpha$ – загрузка СУ сообщениями о состоянии объектов.

Тогда оперативность управления

$$p_{оу} = \int_0^{T_{доп}} w(T_{цу}) dt. \quad (6)$$

Интенсивность решения задач по управлению зависит от помехозащищённости и живучести элементов ИС НСУ (устойчивости),

которая определяется их разведзащищённостью. Вероятность вскрытия её элементов можно оценить так

$$p_{\text{вскр}}(t_{\text{вскр}} \leq \Delta t) = 1 - \exp(-\Delta t/t_{\text{вскр}}), \quad (7)$$

где Δt – промежуток времени, за который определяется вероятность вскрытия, после которого последует активное воздействие противника.

Решив выражение (7) относительно Δt и подставив его в выражение (5), получим выражение для частности решения задач управления

$$c(\bar{t}_{\text{вскр}}) = 2k \frac{\rho}{(1+\rho)^2} \left[1 - \exp\left\{(\alpha + \nu)\bar{t}_{\text{вскр}} \ln(1 - p_{\text{вскр}})\right\} \right]. \quad (8)$$

Анализ выражения (8) показывает, что частота решения задач СУ возрастает с повышением интенсивности воздействия противника ($p_{\text{вскр}}$) и загрузки системы управления сообщениями о состоянии объектов (ρ).

Решение уравнений (6), (7) и (8) позволяют получить значение времени цикла управления элементами сети

$$T_{\text{ц}} = \frac{-\ln(p_{\text{оутр}})}{c(\Delta t)} = \frac{-\ln(p_{\text{оутр}})}{2k \frac{\rho}{(1+\rho)^2} \left[1 - \exp\left\{(\alpha + \nu)\bar{t}_{\text{вскр}} \ln(1 - p_{\text{вскр}})\right\} \right]}, \quad (9)$$

где $p_{\text{оутр}}$ – требуемая вероятность оперативности управления; $c(\Delta t)$ – среднее значение интенсивности решения задач управления за время Δt .

Анализ выражения (9) показывает, что чем чаще решаются задачи СУ и жёстче требования к оперативности управления, тем короче должен быть цикл управления.

Таким образом, показатели оперативного управления зависят от вероятности вскрытия элементов системы, своевременной передачи сообщений и мобильности, а временные характеристики управления при этом определяются временем сбора информации о состоянии объектов управления и реакцией СУ.

Рассмотрим временные характеристики контура управления и определим влияние навигационных технологий на время цикла управления.

Время, необходимое для сбора данных

Оценка качества обслуживания осуществляется по результатам статистических измерений

(сбор информации), обеспечивающих решение задач управления. К статистическим методам измерения и обработки результатов предъявляются противоречивые требования – получить точную информации о состоянии (ситуации) элементов системы управления за минимальное время.

Как показывает опыт, сбор статистических данных для оценки состояния элементов управления системы требует значительных затрат времени. Для обоснования принципов оценки состояния элементов, определим время, необходимое для сбора статистических данных. Допустим, что на пункт управления поступает Y сообщений, каждое из которых может быть не своевременно доведено с вероятностью потерь $p_{\text{пот}}$, тогда число сообщений, которое необходимо зарегистрировать при оценке состояния k -го элемента с заданной точностью оценки

$$Y_k = \Gamma^2(\gamma_{\text{дов}}) \frac{(1 - p_{\text{пот}})}{\delta_k(x, y, z) p_{\text{пот}}} = \Phi^{-1} \left(1 - \frac{1 - \gamma_{\text{дов}}}{2} \right) \frac{(1 - p_{\text{пот}})}{\delta_n(x, y, z) p_{\text{пот}}}, \quad (10)$$

где $\Gamma^2(\gamma_{\text{дов}}) = \Phi^{-1}(1 - 0,5(1 - \gamma_{\text{дов}}))$ – гамма функция; Φ – интеграл вероятности; $\gamma_{\text{дов}}$ – значение доверительной вероятности; $p_{\text{пот}}$ – вероятность потерь (несвоевременное доведение); $\delta_k(x, y, z)$ – относительная погрешность определения местоположения k -го подвижного объекта управления (точность оценки).

Анализ выражения (10) показывает, что чем хуже точность определения местоположения, тем больше требуется времени для сбора информации о состоянии объектов управления. Так, при $p_{\text{пот}}=0,1$ повышение точности на один порядок уменьшает время сбора информации о состоянии объектов управления более чем в 6 раз.

Следовательно, требуемое время сбора информации о состоянии объектов при заданной достоверности передачи информации зависит от точности оценки состояния объекта.

Библиографический список

1. Снежко В.К., Якушенко С.А. Военные интегрированные системы навигации, связи и управления. – Санкт-Петербург: ВАС, 2014. – 456 с.
2. Якушенко С.А., Снежко В.К. Средства и комплексы навигационного обеспечения систем управления специального назначения: Учебник для вузов связи. – СПб.: ВАС, 2018. – 508 с.
3. Якушенко, С.А., Проблемы навигационного обеспечения систем мониторинга и диспетчеризации подвижных объектов и оценка его безопасности / С.А. Якушенко // Информатика и космос. – 2019. – № 2. – С. 78-81.
4. Якушенко С.А., Прасько Г.А., Дворовой М.О., Веркин С.С. К вопросу решения антагонистических задач при комплексном противодействии сторон // Научные исследования в космических исследованиях Земли. – 2012. – Т. 4. № 1. – С. 24-26.

Заключение

Таким образом, решение задач с использованием навигационных технологий повышает эффективность управления за счет многократного сокращения времени на сбор информации о состоянии объектов управления, улучшения точности определения местоположения подвижных объектов, оптимизации маршрутов движения с учетом комплексного воздействия противника и сокращение времени на установление связи с объектами, а также улучшает устойчивость функционирования элементов системы связи.

Результаты оценки цикла управления могут быть использованы для проверки корректности решения задач планирования и сравнения их с данными о качестве функционирования системы, полученными другими методами.

INFLUENCE OF NAVIGATION SUPPORT ON CONTROL EFFICIENCY

V.C. Snezhko, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

S.A. Yakushenko, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*

A.N. Zabelo, *Candidate of Military Sciences, Associate Professor*

S.S. Verkin, *Candidate of Technical Sciences*

Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny
(Russia, St. Petersburg)

***Abstract.** The paper considers the solution of problems using navigation technologies, which increases the efficiency of control due to a multiple reduction in the time for collecting information about the state of control objects, improving the accuracy of determining the location of moving objects, optimizing movement routes taking into account the complex impact of the enemy and reducing the time for establishing communication with objects, and also improves the stability of the functioning of the elements of the communication system.*

***Keywords:** control system, control efficiency, positioning accuracy, navigation support, control indicators, control cycle.*