

10. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей / операции. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
 Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1988. – 448 с.
 11. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Сов. радио, 1972. – 550 с.
 12. Максимов Ю.Д. Вероятностные разделы математики / Ю.Д. Максимов. – СПб.: Ив. Федоров, 2001. – 592 с.
 13. Абчук В.А. и др. Справочник по исследованию операций. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
 14. Стрельба наземной артиллерии. Учебник. – М.: МО, 1962. – 367 с.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. М.Ю. Яковлев, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОРАЖЕНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ БАТАРЕИ ПРОТИВНИКА С УЧЕТОМ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ЕЕ ВЫЯВЛЕНИЯ

В.И. Грабчак, В.Н. Супрун, А.Н. Заскока, Б.И. Сокол

В статье приведена математическая модель функционирования самоходной артиллерийской батареи на огневой позиции с учетом своевременности ее выявления, описание функционирования которой, заданный полумарковским процессом и системой линейных интегральных уравнений. Получена общая формула для определения своевременности открытия огня по цели, найдены расчетные соотношения при условии, что время пребывания цели на огневой позиции распределено за нормальным законом, а время подготовки к поражению – за показательным. Проведен расчет показателя эффективности степени поражения самоходной артиллерийской батареи противника.

Ключевые слова: полумарковский процесс, самоходная артиллерийская батарея, математическая модель, показатель эффективности артиллерийского огня, функция распределения, своевременность открытия огня.

ANALYTICAL MODEL OF ENEMY'S ARTILLERY BATTERY ENGAGEMENT WITH ACCOUNT FOR TIMELINESS OF ITS DETECTION

V. Hrabchak, V. Suprun, A. Zaskoka, B. Sokil

The article presents mathematical model of self-propelled artillery battery on fire position functioning with account for timeliness of its detection, description of its functioning is given by semi-Markov processes and system of linear integral equations. General formula for defining timeliness of fire engagement is obtained, design ratios on condition that target time on fire position is distributed by normal law, and time for engagement preparation by exponential rule are found. Calculation of effectiveness indicator of enemy's self-propelled artillery battery damage level is done.

Key words: semi-Markov process, self-propelled artillery battery, mathematical model, artillery fire effectiveness indicator, distribution function, timeliness of fire engagement.

УДК 629.047

Ю.В. Шабатура, І.Б.Мількович

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ АДЕКВАТНОСТІ УПРАВЛІННЯ НАЗЕМНИМИ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Розглянуто формалізацію роботи мікропроцесорної системи контролю адекватності управління наземними рухомими об'єктами (СКАУ НРО) механіком-водієм. Створено математичну модель функціонування СКАУ НРО.

Ключові слова: адекватність управління, система контролю, математична модель системи контролю.

Постановка проблеми

У статті [1] проаналізовано світові тенденції розвитку систем контролю адекватності управління наземною рухомою військовою технікою.

Управління військовими наземними рухомими об'єктами – дуже складний та непередбачуваний процес. Механік-водій повинен знаходитись в стані постійної готовності до адекватного реагування на дорожню ситуацію та

постійно знаходиться у стані напруження. У випадку проведення активних багатогодинних операцій, маршів виникає стомленість механіка-водія, що призводить до помилок управління наземними рухомими об'єктами. Тому необхідна розробка системи, яка дозволяє здійснювати постійний контроль за рівнем адекватності управління військовими наземними рухомими об'єктами водієм [1].

Великий об'єм параметрів, що контролюється, врахування їх впливу на оцінку адекватності управління, забезпечення режиму реального часу – потребує програмно-апаратної реалізації системи контролю адекватності управління наземними рухомими об'єктами (СКАУ НРО). Це своєю чергою потребує формалізації задачі контролю адекватності управління та розробки алгоритму функціонування системи.

Таким чином, створення математичної моделі функціонування системи контролю адекватності управління наземними рухомими об'єктами механіком-водієм є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Різним варіантам розв'язку задачі контролю адекватності управління транспортним засобом присвячено чимало публікацій і патентів. Робота більшості запатентованих пристроїв базується на реєстрації частоти пульсації серця водія, зміни шкірно-гальванічної реакції, по частоті переміщення повік очей або на визначенні положення його голови [3-7]. Однак ці пристрої мають ряд суттєвих недоліків: вони потребують приєднання датчиків до тіла водія або є дуже складною і ненадійною оптоелектронною системою. Для використання у НРО найбільш доцільним є застосування запропонованої авторами в роботі [1] мікропроцесорної системи контролю адекватності управління. В попередніх публікаціях були розроблені теоретичні засади створення та практичні аспекти застосування такої системи. Разом з тим для формування програмно - алгоритмічного забезпечення даної системи необхідно виконати формалізацію задачі та розробити математичну модель системи контролю адекватності управління наземними рухомими об'єктами механіком-водієм, чого не було виконано раніше.

Формулювання мети статті

Метою даної статті є формалізація задачі та створення математичної моделі функціонування системи контролю адекватності управління наземним рухомим об'єктом механіком-водієм для її подальшого використання в Сухопутних військах Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу

Вирішення задачі контролю адекватності управління військовим наземним рухомим об'єктом ускладнюється наступними факторами:

- у процесі застосування наземної рухомої військової техніки передбачається створення ситуацій, що характеризуються екстремальними психо-фізичними впливами на екіпаж (перепади температури, силові навантаження, висока динаміка процесів, акустичні, світлові впливи тощо);

- військова техніка характеризується чисельною номенклатурою типів рухомих засобів, що породжує велику різноманітність органів управління [1].

Органами управління військовими наземними рухомими об'єктами на гусеничному ході в більшості випадків є важелі управління. Техніка на колісному ході здебільшого управляється за допомогою рульового колеса. В нових розробках танків (таких як «Оплот») в якості органу управління використовується штурвал. В БМП використовується руль специфічної форми. Також у якості органів управління виступають різноманітні педалі, важелі та чисельні тумблери, кнопки, галетні перемикачі тощо.

У процесі експлуатації військової наземної рухомої техніки виникають різні ситуації, в тому числі і екстремальні, які потребують проведення негайного контролю за впливом з боку механіка-водія на педалі, важелі та інші органи управління.

Система контролю адекватності управління наземним рухомим об'єктом механіком-водієм повинна виконувати комплексний контроль рульового колеса, штурвалу, важелів, педалей і інших органів управління.

Для вирішення задачі контролю адекватності управління транспортними засобами використовуються методи, які базуються на реєстрації та аналізі різноманітних психо-фізіологічних характеристик, фізико-моторних реакцій та положення частин тіла механіка-водія. [8].

По цих причинах для поглибленого аналізу адекватності управління необхідно застосовувати контроль низки параметрів стану механіка-водія.

Позначимо через $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ – набір N параметрів, що характеризують стан механіка-водія. Числове значення параметрів отримуємо з відповідних датчиків. Даний набір параметрів можна розглядати як N -мірний вектор $\vec{P}(t) = (P_1(t), P_2(t), P_3(t), \dots, P_N(t))$, що характеризує стан механіка-водія на момент часу t . Будемо здійснювати опитування датчиків з інтервалом Δt , тоді отримаємо множину векторів стану механіка-водія в послідовні моменти часу. Позначимо через

a_{ij} значення i -го параметра в j -й момент опитування. Це дає можливість утворити матрицю A з розмірністю $J * N$

$$A \equiv \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & a_{ij} & \dots \\ a_{J1} & a_{J2} & \dots & a_{JN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $i = 1, \dots, N$ - число параметрів,
 $j = 1, \dots, J$ - число опитувань.

Послідовність рядків матриці A є вихідними даними для контролю динаміки зміни стану механіка-водія.

Система контролю адекватності управління наземним рухомих об'єктом повинна працювати в двох режимах – навчальному та робочому.

Навчальний режим полягає в тому, що всі механіки-водії, які закріплені за даною технічною одиницею, здійснюють контрольні заїзди. Вони робляться для різних типів місцевості та інших характеристик штатних трас та дорожніх ситуацій протягом визначеного часу. СКАУ НРО повинна запам'ятовувати реакції механіка-водія на відповідні умови водіння як «еталон». Алгоритм адаптації повинен враховувати умови руху (рух на автостраді, рух в місті, рух по бездоріжжю і т. д.) і особливості психомоторної динаміки управління конкретним механіком-водієм. В результаті система створює базу нечітких множин варіацій зміни інформаційних сигналів $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_N\}$, характерних для високої зосередженості і нормального стилю управління наземним рухомих об'єктом конкретним механіком-водієм в кожній з типових дорожніх ситуацій.

Протягом визначеного часу здійснюється накопичення рядків матриці A . Накопичений матеріал статистично оброблюється з метою отримання m_i^* середньоарифметичного значення по кожному параметру (аналог математичного сподівання) та його S_i^* середньоквадратичної похибки (аналог дисперсії).

Об'єм накопичення $j = J^*$ визначається з умови, що довірна імовірність складає величину не менше 0.97.

Тоді можна записати співвідношення для розрахунку величин m_i^* , S_i^* [9], а саме:

$$m_i^* = \frac{1}{J^*} \sum_{j=1}^{J^*} a_{ij}, \quad (2)$$

$$S_i^* = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{J^*} (a_{ij} - m_i)^2}{J^*}}. \quad (3)$$

Величину J^* можна визначити також з T_a часу адаптації («налагодження» СКАУ НРО на стиль управління конкретного оператора), а саме

$$J^* = \frac{T_a}{\Delta t}, \quad (4)$$

де Δt - проміжок часу між послідовними опитуваннями стану механіка-водія.

Процедура адаптації СКАУ НРО повторюється для кожного із K механіків-водіїв, які закріплені за даним наземним рухомих об'єктом. В результаті формується множина векторів \bar{m}_k^* , \bar{S}_k^* , $k = 1, \dots, K$, які можна представити матрицями M^* та S^* з розмірністю $K * N$, а саме

$$M^* = \begin{pmatrix} m_{11}^* & \dots & m_{1N}^* \\ \dots & \dots & \dots \\ m_{K1}^* & \dots & m_{KN}^* \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$S^* = \begin{pmatrix} S_{11}^* & \dots & S_{1N}^* \\ \dots & \dots & \dots \\ S_{K1}^* & \dots & S_{KN}^* \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Сформовані таким чином матриці M^* та S^* застосовуються у подальшому як еталон для контролю адекватності управління даним наземним рухомих об'єктом K -им механіком-водієм.

У робочому режимі СКАУ НРО здійснює контроль адекватності управління НРО конкретним механіком-водієм шляхом порівняння його стану з «еталонним». Система на основі використання методів математичної статистики та нечіткого аналізу поточної інформації про динаміку зміни інтервалів, значень та напрямків зміни імпульсів тиску, серцевого ритму та зміни шкірно-гальванічної реакції та інших параметрів дозволяє завчасно визначити зниження рівня уваги механіка-водія в управлінні НРО.

Функціонування системи відбувається у нечіткому середовищі, тобто, вона повинна коректно виконувати свої функції в умовах суттєвих невизначеностей, пов'язаних з обмеженістю інформації про особу механіка-водія, його поведінку, нечіткість зв'язків вимірюваних параметрів із задачами і метою контролю, а також певною невизначеністю обмежень. З врахуванням відзначених особливостей система повинна послідовно вирішувати наступні задачі:

- ідентифікації механіка-водія;
- ідентифікації текучого стану механіка-водія;

- ідентифікації типу дорожньої ситуації;
- ідентифікації рівня зосередженості механіка-водія на управлінні наземним рухомим об'єктом;
- прийняття рішення про вид реакції системи в поточній ситуації.

Також система може фіксувати користування механіком-водієм мобільним телефоном під час руху, що забороняється законодавством багатьох країн, у тому числі і в Україні, та виконувати охоронні функції, оскільки вона швидко визначить, чи штатний механік-водій управляє даним транспортним засобом. При визначенні певних ситуацій система передбачає ініціювання подачі відповідних звукових та світлових сигналів попередження, а якщо вони не викликають відповідної реакції механіка-водія, то вживаються більш радикальні заходи, аж до вимкнення двигуна і термінового гальмування [1].

Моніторинг динаміки керування транспортним засобом конкретним механіком-водієм здійснюється в режимі реального часу. Для цього в режимі «стеку» формуємо матрицю спостережень параметрів, що характеризують стан механіка-водія. Тут, як і вище,

$i = 1, \dots, N$ - число параметрів, що контролюється,

$j = 1, \dots, J$ - число опитувань (розмір стеку).

J є фактично хронологічною глибиною контролю для прийняття висновку про встановлення тенденції процесу керування. Якщо Δt - проміжок часу між двома опитуваннями (проміжок квантування), то при загальному часі хронологічної глибини контролю t_s - отримуємо

$$J = \frac{t_s}{\Delta t}. \quad (7)$$

Величина t_s визначається експериментально.

Матриця спостережень D буде мати вигляд

$$D = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & a_{ij} & \dots \\ a_{J1} & a_{J2} & \dots & a_{JN} \end{pmatrix}.$$

Зауважимо, що останній рядок матриці є вектор стану механіка-водія на поточний момент часу t . При надходженні чергового вектора стану він розміщується в останньому рядку D , всі решта зсуваються на один рядок, а зайвий (найстарший) відкидається.

На кожен момент часу будемо, застосовуючи співвідношення (2) та (3), два вектори $\bar{\mu}(t) = \{\mu_i(t)\}$ та $\bar{\sigma}(t) = \{\sigma_i(t)\}$, де $i = 1, \dots, N$.

Вектори $\bar{\mu}(t)$ та $\bar{\sigma}(t)$ утворюються із середньоарифметичних значень параметрів, що характеризують стан механіка-водія, а $\bar{\sigma}$ - вектор їх середньоквадратичних відхилень, відповідно.

У подальшому передбачається дослідити спосіб оцінки «близькості» еталонного та поточного стилів управління та оцінити помилки першого та другого роду.

Висновки

1. У даній роботі виконана формалізація задачі контролю адекватності управління наземним рухомим об'єктом.

2. Вперше розроблена математична модель системи контролю адекватності управління наземним рухомим об'єктом.

3. Контроль за адекватністю управління наземними рухомими об'єктами стає все більш актуальним.

4. Система контролю адекватності управління наземним рухомим об'єктом повинна працювати у двох режимах:

- навчання;

- контролю адекватності управління.

5. Набір значень параметрів, що характеризують стан механіка-водія на момент часу t , можна розглядати як N -мірний вектор.

6. У режимі навчання формується еталонний вектор стилю управління шляхом опосередкування значень параметрів на хронологічну глибину навчання, яка обирається експериментально.

7. У режимі контролю адекватності управління формується вектор стилю управління на визначену хронологічну глибину також шляхом опосередкування значень параметрів у режимі «стеку».

Список літератури

1. Шабатура Ю.В., Мількович І.Б. Аналіз світових тенденцій розвитку систем контролю адекватності управління наземною рухомою військовою технікою // Військово-технічний збірник. - № 6. - Львів: АСВ, 2012. - С. 156-160.

2. Шабатура Ю.В. Технологія вимірювання на основі представлення значень вимірюваних величин часовими інтервалами: монографія / Юрій Васильович Шабатура. - Вінниця: ВНТУ, 2010. - 324с.

3. Патент 2200095 РФ, МПК7 В60К28/06, G08B21/00 Телеметрическая система контроля бодрствования водителя транспортного средства / Дементенко В.В., Марков А.Г., Шахнарович В.М.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "НЕЙРОКОМ". - № 2001122090/09; заявл. 09.08.2001; опубл. 10.03.2003

4. Патент 2111133 РФ, МПК7 В60К28/06. Устройство для предупреждения об опасности водителя механического транспортного средства при утрате им активности вследствие, например,

засыпания/ Подлазов Е.М. - № 94024580\28; заявл.30.06.1994; опубл. 20.05.1998. Бюл. № 6.

5. Патент 2423070 РФ, МПК7 А61В 3/113. Измерение бодрости / Джонс Мюррей - №2007136788/14; заявл. 06.03.2006; опубл. 10.07.2011 Бюл. № 19.

6. Патент 6087941 США, МПК7 G08B23/00. Warning device for alerting a person falling asleep/ Mark Ferraz. - № 09/391671 ; заявл. 08.09.1999 ; опубл. 11.07.2000.

7. Патент 4272764 США, МПК7 G08B021/00. Self contained head mountable sleep inhibiting device / Myron R Herr ,Austin E Elmore. - № 111711 ; заявл. 14.01.1980 ; опубл. 09.06.1981.

8. Шабатура Ю.В., Милькович І.Б. Аналіз напрямків створення мікропроцесорної системи контролю адекватності управління механіком-водієм мобільною військовою технікою. // Тези доповіді / V науково-технічна конференція. – Львів: АСВ, 2012.

9. Вентцель Е. С. «Теория вероятностей», 4-е изд. – М.: Наука, 1969. — 576 с.

Рецензент: к.т.н., с.н.с. М.В. Чорний, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АДЕКВАТНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Ю.В. Шабатура, И.Б. Милькович

Рассмотрено формализацию работы микропроцессорной системы контроля адекватности управления наземными движущимися объектами (СКАУ НДО) механиком-водителем. Создано математическую модель функционирования СКАУ НДО.

Ключевые слова: адекватность управления, система контроля, математическая модель системы контроля.

FORMALISATION OF THE TASK AND MATHEMATIC MODEL OF CONTROL SYSTEM OF ADECVATION USING OF THE FIELD MOVING OBJECTS

U. Shabatura, S. Milkovich

The article reveals state of the artillery fire weapons of direct supporting fire of mechanized, airmobile, mountain infantry and marine units of the world leading armies in order to use their experience for creation of advanced artillery systems for the Ukrainian Army.

Key words: mortar system, self-propelled combined gun, artillery firepower