

6. Korektory do lychyl'nykiv hazu elektronni. Zaha'ni tekhnichni umovy: DSTU EN 12405:2006.- [Chynnyy vid 2007-01-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 37 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
7. Derzhavna povirochna skhema dlya zasobiv vymiryuvannya ob'yemu ta ob'yemnoyi vytraty hazu: DSTU 3383:2007. - [Chynnyy vid 2007-07-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 6 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
8. Kuz' M.V. Komplektna povirka vymiryval'nykh kompleksiv ob'yemu ta ob'yemnoyi vytraty pryrodnoho hazu// Zbirnyk tez dopovidey s'omoyi vseukrayins'koyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi „Vymiryuvannya vytraty ta kil'kosti hazu”. – Ivano-Frankivs'k. – 2011. – S. 59.
9. Kuz' M.V. Metrolohichne zabezpechennya povirky vymiryval'nykh kompleksiv ob'yemu hazu// Zbirnyk tez dopovidey Khl mizhnarodnoyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi „Pryladobuduvannya: stan i perspektyvy”. – Kyiv, 2012 – S. 96-97.
10. GSI. Izmereniya kosvennye. Opredelenie rezul'tatov izmereniy i ocenivaniye ih pogreshnostej: MI 2083-90.- [Chinniy vid 1992-01-01]. – M: Izdatel'stvo standartov 1991. – 9 s. – (Instrukcija).
11. Kuz' M.V. Orhanizatsiyna skhema povirky etaloniv, lychyl'nykiv ta vytratimiriv hazu na osnovi diahram staniv / M.V. Kuz' // Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. – 2013. – №1. – с. 190-193.

Рецензія/Peer review : 12.9.2013 р. Надрукована/Printed :23.11.2013 р.
Рецензент: Адасовський Б.І., професор Івано-Франківського університету права імені Короля Данила Галицького, д.т.н., професор

УДК 519.876.5

Т.В. МИХАЙЛОВИЧ, М.Є. ФРИЗ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВОДОСПОЖИВАННЯ

Вдосконалено математичну модель погодинного водоспоживання шляхом врахування періодичної дисперсії його породжуючого процесу. Розроблено методи прогнозування водоспоживання на основі вдосконаленої моделі. Розроблено імітаційну модель водоспоживання. Здійснено імітаційне моделювання водоспоживання та проведено його статистичний аналіз. Наведено порівняння ймовірнісних характеристик погодинного водоспоживання та його імітаційної моделі. Підтверджено адекватність імітаційної моделі. Розроблено алгоритм імітаційного моделювання водоспоживання і впроваджено в інформаційну систему керування водопостачанням.

Ключові слова: водоспоживання, водопостачання, прогноз, модель, інтервал, імітація, період, дисперсія, алгоритм, інформаційна система.

T.V. MYKHAILOVYCH, M.YE. FRYZ
Ternopil National 'Ivan Puluj' Technical University

INFORMATION SYSTEM FOR SIMULATION WATER CONSUMPTION MODELLING

Abstract - Mathematical model of hourly water demand has been improved by considering periodic variance of its bearing process. The forecasting methods of hourly water demand have been developed upon improved mathematical model. Imitational model of water demand has been developed. Imitation modelling of hourly water demand has been performed and its statistical analysis has been done. Comparison of probabilistic characteristics of hourly water demand and its imitation model has been presented. Adequacy of imitation model has been approved. Algorithm of water demand imitation modelling has been developed and implemented on information system of water demand management.

Conclusion. Hourly water consumption mathematical model was improved by considering periodic variance of water consumption bearing process. Hourly water consumption models which described in [1, 6] are considering bearing process as time series with constant variance. Water consumption imitation model was developed and validated its adequacy with statistical analysis. Water consumption modelling software was developed.

Keywords: water demand, water provision, forecast, model, interval, imitation, period, variance, algorithm, information system.

Вступ

Ресурсозбереження питного водоспоживання є актуальною проблемою сьогодення [1]. Серед задач, які розглядаються в рамках даної проблеми найбільш важливими є наступні:

- Зонування водопостачальної мережі – визначення так званих «зон» мережі водопостачання; в межах кожної зони водоспоживання має однакові ймовірнісні характеристики, тобто зона вибирається групуванням максимальної кількості сусідніх будинкових лічильників, водоспоживання у яких має однакові ймовірнісні характеристики. Очевидно, зони не містять спільних лічильників. В результаті вдалого зонування досягається зниження тисків, встановлення оптимальних діаметрів будинкових лічильників водопостачальної системи.

- Визначення аварійних станів системи – в процесі роботи водопостачальної мережі, можливі два види аварій: витік та відмова в обслуговуванні; причиною витоку може бути як тріщина певного вузла системи в результаті її зношення, так і несанкціонований водозабір; відмови в обслуговуванні (ситуації, коли споживач не отримує воду) бувають повними та частковими; відмови приводять до збільшення тиску в системі, що сприяє її швидкому зношуванню; підозра аварійного стану виникає у випадку виходу значення водоспоживання за межі його оперативного-прогнозованого інтервалу [1] два кроки поспіль.

У [1–3] було обґрунтовано математичну модель водоспоживання у вигляді послідовності періодичної авторегресії із постійною дисперсією її породжуючого процесу та запропоновано методи прогнозування водоспоживання.

У даній статті цю модель вдосконалено шляхом представлення погодинного водоспоживання як послідовності авторегресії із періодичними параметрами.

На основі вдосконаленої моделі запропоновано новий метод прогнозування погодинного водоспоживання.

Теоретична частина

Математична модель водоспоживання у вигляді періодичної авторегресії (з періодом $T = 24$ год [2]) має вигляд [1]:

$$\tilde{\xi}_t = m_t + \xi_t, t \in \mathbf{Z}, \tag{1}$$

де $m_t = \mathbf{M}\tilde{\xi}_t$ – математичне сподівання послідовності $\tilde{\xi}_t$, детермінована функція, що задовольняє умові $m_t = m_{t+T}$;

ξ_t – центрована ($\mathbf{M}\xi_t = 0$) послідовність періодичної авторегресії із періодичною дисперсією, яку можна зобразити у вигляді:

$$\xi_t = \sum_{k=1}^p a_k(t) \xi_{t-k} + b(t) \eta_t \tag{2}$$

де p – порядок авторегресії;

$a_k(t)$ – періодичні параметри авторегресії, $a_k(t) = a_k(t+T), k = \overline{1, p}$;

η_t – центрований білий шум з дисперсією 1;

$b(t)$ – періодична дисперсія породжуючого процесу водоспоживання, $b(t) = b(t+T)$.

Оцінювання параметрів авторегресії. В роботі [1] обґрунтовано порядок моделі авторегресії $p = 24$.

Оцінювання параметрів $\hat{a}_k(t)$ послідовності авторегресії (2) здійснюється методом найменших квадратів або еквівалентним йому методом Юла-Уокера [4]:

$$\hat{\mathbf{A}}_t = (\hat{\mathbf{W}}_t^T \hat{\mathbf{W}}_t)^{-1} \hat{\mathbf{W}}_t^T \hat{\mathbf{X}}_t, t = 1, 2, \dots, T, \tag{3}$$

де

$$\hat{\mathbf{A}}_t = \begin{pmatrix} \hat{a}_1(p+t) \\ \hat{a}_2(p+t) \\ \dots \\ \hat{a}_p(p+t) \end{pmatrix}; \hat{\mathbf{X}}_t = \begin{pmatrix} \xi_{p+t} \\ \xi_{p+t+T} \\ \dots \\ \xi_{p+t+(q-1)T} \end{pmatrix}; \hat{\mathbf{W}}_t = \begin{pmatrix} \xi_{t+p-1}, & \xi_{t+p-2}, & \dots & \xi_t \\ \xi_{t+T+p-1}, & \xi_{t+T+p-2}, & \dots & \xi_{t+T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_{t+(q-1)T+p-1}, & \xi_{t+(q-1)T+p-2}, & \dots & \xi_{t+(q-1)T} \end{pmatrix}.$$

Оцінка періодичної дисперсії $\hat{b}(t)$ водоспоживання визначається за формулою [5]:

$$\hat{b}(t) = \frac{1}{q-1} \sum_{x=0}^{q-1} \left(\xi_{p+xT+t} - \sum_{k=1}^n \hat{a}_k(p+t) \xi_{p+xT+t-k} \right)^2. \tag{4}$$

Експериментальна частина

Метод оперативного прогнозування водоспоживання впливає з його математичної моделі. А саме, прогнозоване значення $\hat{\xi}_t$ на основі попередніх відомих значень водоспоживання $\xi_{t-p}, \xi_{t-p+1}, \dots, \xi_{t-2}, \xi_{t-1}$ обчислюється наступним чином:

$$\hat{\xi}_t = \hat{m}_t + \sum_{k=1}^p \hat{a}_k(t) \xi_{t-k}. \tag{5}$$

де \hat{m}_t – оцінка математичного сподівання погодинного водоспоживання;

$\hat{a}_k(t)$ – оцінки параметрів авторегресії (3);

На рисунку 1 наведено реалізацію водоспоживання та реалізацію прогнозу водоспоживання при $p = 24$.

Імітаційну модель водоспоживання у вигляді послідовності періодичної авторегресії можна отримати шляхом імітації η_t в (2) як гаусового білого шуму $N(0, 1)$.

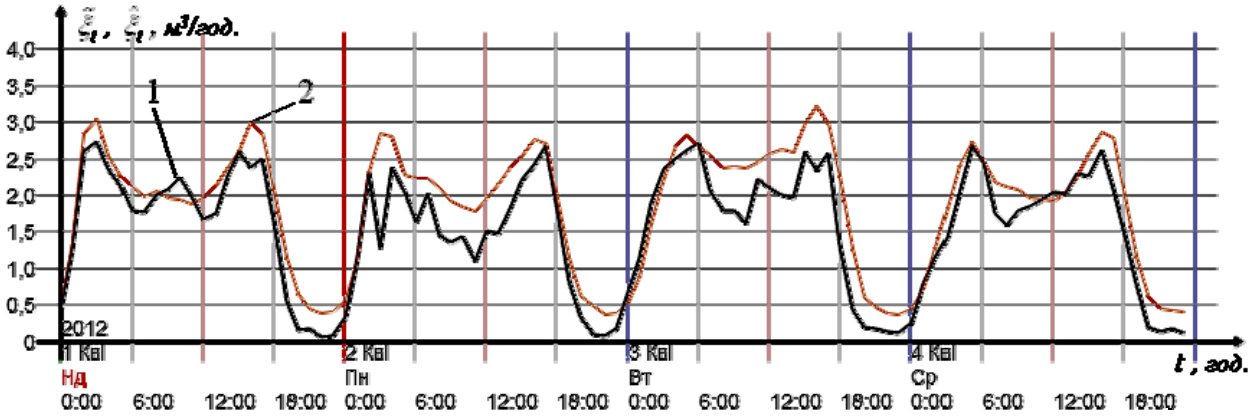


Рис. 1. Результати прогнозу водоспоживання: 1 – реалізація водоспоживання (ξ_t), 2 – реалізація прогнозу водоспоживання (ξ_t^*)

Нехай, $r_t(x), t = 0, 1, 2, \dots$ – x -послідовність випадкових величин, рівномірно розподілених в інтервалі $[0; 1]$ (таку послідовність можна отримати на комп'ютері, використовуючи генератор псевдовипадкових чисел). Тоді, імітація гаусового білого шуму $N(0, 1)$ буде мати вигляд [5]:

$$\eta'_t(x) = \sum_{k=0}^{n-1} (r_{m+k}(x)) - 6, t \in \mathbf{Z}, x \in \mathbf{N}. \quad (7)$$

В результаті, імітаційна модель погодинного водоспоживання буде мати вигляд:

$$\xi'_t(x) = m_t + \sum_{k=1}^p a_k(t) \xi_{t-k} + b(t) \eta'_t(x). \quad (8)$$

де характеристики $\hat{m}_t, \hat{a}_k(t), \hat{b}(t)$ задаються на основі статистичного аналізу (3)–(4) реальних даних водоспоживання;

На рисунку 2 наведено реалізації імітаційного моделювання водоспоживання за деякий тиждень (із використанням всіх статистичних даних, що передують цьому тижневі, для оцінок параметрів авторегресії) та реальні статистичні дані за цей період.

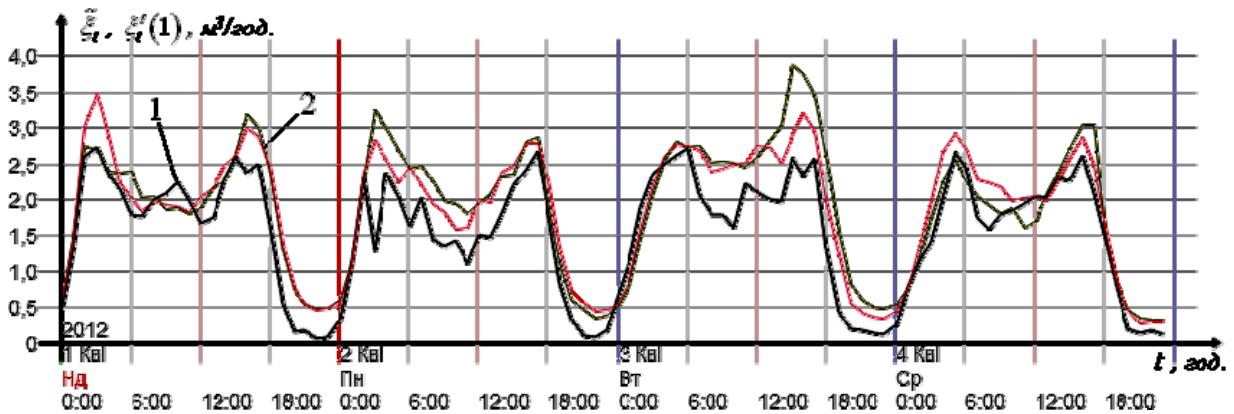


Рис. 2. Імітаційне моделювання водоспоживання: 1 – реальні дані (ξ_t); 2 – реалізації імітаційного моделювання ($\xi_t^*(1)$)

На рисунку 3 наведено ті самі чотири реалізації імітаційного моделювання водоспоживання та реалізації оцінок верхніх і нижніх меж інтервалів прогнозу водоспоживання на відповідний період.

У таблицю 1 зведено оцінки ймовірностей попадання реалізації імітаційного моделювання водоспоживання в прогнозований інтервал на заданий період для різних об'єктів водоспоживання:

Таблиця 1

Оцінки ймовірностей попадання значень імітаційного моделювання в прогнозований інтервал

Об'єкт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значення	0,82	0,91	0,87	0,84	0,9	0,85	0,95	0,93	0,98	0,89

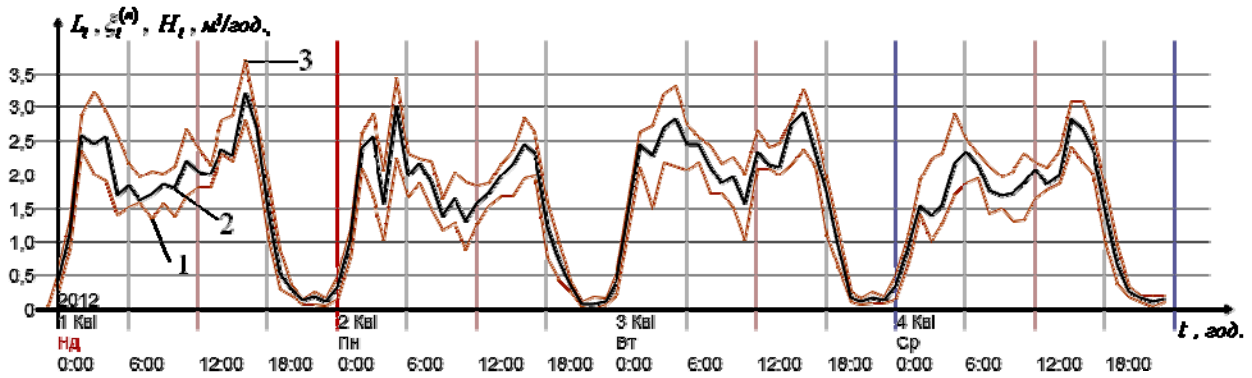


Рис. 3. Реалізація імітаційного моделювання водоспоживання та реалізація інтервального прогнозу водоспоживання на відповідний період: 1 – нижня межа прогнозу водоспоживання (L_t); 2 – реалізації імітаційного моделювання водоспоживання ($\xi_t^{(n)}$); 3 – верхня межа прогнозу водоспоживання (H_t)

На рисунках 4, 5 наведено оцінку математичного сподівання та дисперсії реалізації імітаційного моделювання у порівнянні з оцінкою математичного сподівання послідовності погодинного водоспоживання.

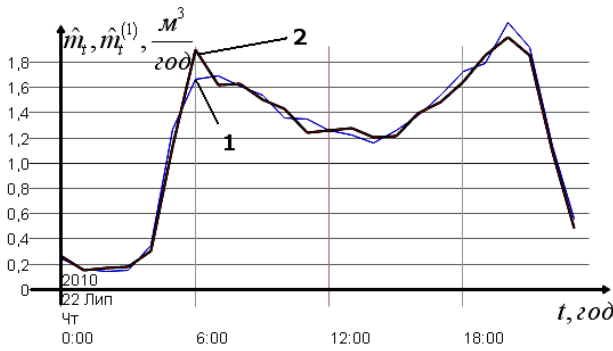


Рис. 4. Реалізації оцінок математичних сподівань імітаційного моделювання водоспоживання у порівнянні з оцінкою математичного сподівання водоспоживання:

- 1 – оцінка математичного сподівання водоспоживання (\hat{m}_t);
- 2 – оцінка математичного сподівання реалізації імітаційного моделювання ($\hat{m}_t^{(1)}$)

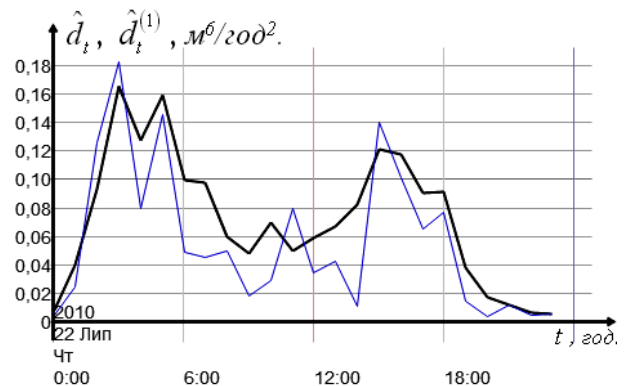


Рис. 5. Реалізація оцінки дисперсії імітаційного моделювання водоспоживання у порівнянні з оцінкою дисперсії водоспоживання:

- 1 – оцінка дисперсії водоспоживання (\hat{d}_t);
- 2 – оцінка дисперсії реалізації імітаційного моделювання ($\hat{d}_t^{(1)}$)

Як видно з рисунків 5, 6, оцінки математичного сподівання та дисперсії реалізації імітаційної моделі погодинного водоспоживання є досить близькими до оцінок математичного сподівання та дисперсії погодинного водоспоживання; ймовірності попадання в прогнозований інтервал є близькими до заданого значення 0,95, що є підтвердженням адекватності розробленої імітаційної моделі.

Було розроблено інформаційну систему для імітаційного моделювання водоспоживання:

- налагодження та конфігурування інформаційної системи перед роботою із реальною мережею водопостачання;
- тестування інформаційної системи із можливістю імітації аварійних станів заданого характеру та оцінювання ефективності конфігурації для кожної зони;
- навчання роботи з інформаційною системою диспетчера водопостачальної мережі.

Алгоритм блоку імітаційного моделювання інформаційної системи наведено на рисунку 6.

Таким чином, інформаційна система здатна імітувати водоспоживання та пов'язані з ним події без шкоди для водопостачальної мережі.

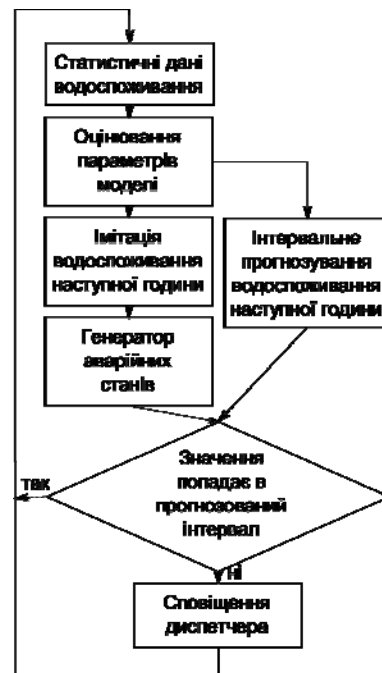


Рис. 6. Структура інформаційної системи імітаційного моделювання водоспоживання

Висновки

1. Вдосконалено математичну модель погодинного водоспоживання шляхом врахування періодичної дисперсії породжуючого процесу водоспоживання. Моделі погодинного водоспоживання, описані в [1, 6], розглядають породжуючий процес як послідовність випадкових величин із постійною дисперсією.
2. Розроблено імітаційну модель процесу водоспоживання, підтверджено її адекватність за допомогою статистичного аналізу.
3. Розроблено інформаційну систему моделювання водоспоживання.

Література

1. Михайлович Т.В. Метод інтервального прогнозування водоспоживання із використанням моделі періодичної авторегресії. / Т.В. Михайлович, М.Є. Фриз // Вісник ТНТУ. – 2012 – №2(66). – С. 249 – 257.
2. Фриз М.Є. Обґрунтування математичної моделі водоспоживання у вигляді умовного лінійного випадкового процесу. / М.Є. Фриз, Т.В. Михайлович // Електроніка та системи управління. – 2010. – №3(25). – С. 137–142.
3. Михайлович Т.В. Алгоритм та практична реалізація методу прогнозування водоспоживання із використанням моделі періодичної авторегресії. / Т.В. Михайлович, М.Є. Фриз // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – №2 – ISSN 2219-9365.
4. Капустинскас А. Идентификация линейных случайных процессов. / А. Капустинскас, А. Немура. – Вильнюс: Моклас, 1983 – 160 с.
5. Бабак В. П. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика / В.П. Бабак, Б.Г. Марченко, М.Є. Фриз. – К.: Техніка, 2004. – 288 с.
6. Михайлович Т.В. Метод прогнозу водоспоживання з використанням моделі періодичної авторегресії. / Т.В. Михайлович, М.Є. Фриз // ІПМЕ ім. Пухова. – 2011. – №57.

References

1. Mykhailovych T.V. Method of water consumption interval forecasting using periodic autoregression model. / T.V. Mykhailovych, M.Ye. Fryz // Visnyk TNTU. – 2012 – #2(66). – PP. 249 – 257.
2. Fryz M.Ye. Validation of water consumption mathematical model as conditional linear stochastic process. / M.Ye. Fryz, T.V. Mykhailovych // Elektronika ta systemy upravlinnia. – 2010. – #3(25). – PP. 137–142.
3. Mykhailovych T.V. Algorithm and practical implementation of water demand forecasting method using periodic autoregression model. / T.V. Михайлович, М.Є. Фриз // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – #2 – ISSN 2219-9365.
4. Kapustinskask A. Identification of linear stochastic processes. / A. Kapustinskask, A. Nemura. – Vilnius: Mosklas, 1983 – 160 p.
5. Babak V. P. Probability theory, stochastic processes and mathematical statistics / V.P. Babak, B.G. Marchenko, M.Ye. Fryz. – K.: Tehnika, 2004. – 288 s.
6. Mykhailovych T.V. Method of water consumption forecasting using periodic autoregression model. / T.V. Mykhailovych, M.Ye. Fryz // IPME im. Puhova. – 2011. – #57.

Рецензія/Peer review : 19.3.2013 р. Надрукована/Printed :23.11.2013 р.
Рецензент: Лупенко С.А., д.т.н., проф. каф. КС ТНТУ

УДК 621.396:351.746.1

М.М. ШПОРТ

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

ВИБІР АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ МАРШРУТУ НЕСЕННЯ СЛУЖБИ ЕЛЕМЕНТІВ СЛУЖБОВОГО ПОРЯДКУ ПІДРОЗДІЛІВ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

В даній науковій статті проведено дослідження, в результаті якого визначено, що для знаходження раціонального маршруту при вирішенні задач оперативно-службової діяльності (ОСД) доцільно використовувати хвильовий алгоритм. Тому що даний алгоритм дозволяє вирішувати задачу трасування маршруту в обхід непрохідних перешкод на місцевості та враховувати різну прохідність різних ділянок місцевості. Разом з тим, для використання алгоритму в геоінформаційній системі в якості вихідної необхідна інформація про прохідність місцевості.

Ключові слова: радіозв'язок, раціональний маршрут, зони Френеля.

М.М. SHPORT,

Adjunct National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named by Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

CHOICE OF ALGORITHM OF THE CONSTRUCTION OF THE ROUTES ON DUTY ELEMENTS OF THE LAW OFFICE OF STATE BORDER

Abstract – In this article the scientific study, in which states that in order to find efficient route in solving problems of operational performance (ODW) should be used wave algorithm.

The purpose of this study is informed choice algorithm for solving the problem of service routing elements official order to implement it in a geographic information system SBS.

This algorithm can solve the problem of tracing a route bypassing impassable obstacles on the ground and take into account different cross sections of different areas. However, the algorithm for use in geographic information system as a source, the information about cross country.

Keywords: radiocommunication, rationalroute, TheStateBorderService.