

мального інформаційного сервісу було розроблено алгоритм, що відбиває процес визначення всіх параметрів і результатів розв'язку задачі. Цей алгоритм можна подати у вигляді послідовності таких кроків.

Крок 1. Визначення основних елементів багатоцільової багатокритеріальної (БЦБК) задачі: множину стратегій; множину станів зовнішнього середовища; розподіл ймовірностей станів зовнішнього середовища; функціонали оцінювання; критерії якості стратегій; пріоритети критеріїв якості стратегій; бажаної (ідеальної) стратегії [5]:  $S$  – множина альтернативних рішень суб'єкта, що приймає рішення (СПР);  $\Theta$  – множина станів економічного середовища;  $f^l(s; u)$  – цільова функція (з позиції  $l$ -ї цілі  $l = 1, \dots, L$ ,  $L$  – кількість цілей)  $s \in S, \theta \in \Theta$

$$F^l = (f_{kj}^l : k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, J), \quad (4)$$

де  $f_{kj}^l$  – кількісна оцінка стратегії  $s_k \in S$ , з позиції  $l$ -ї цілі за умови, що зовнішнє середовище перебуває у стані  $\theta_j \in \Theta$ .

Розподіл ймовірності випадкової величини, що характеризує зовнішнє середовище, відомий, позначимо ймовірність настання  $\theta_j$  стану зовнішнього середовища як  ${}^\ominus p_j$  та визначимо вектор  ${}^\ominus P = ({}^\ominus p_1, {}^\ominus p_2, \dots, {}^\ominus p_J)$ .

Позначимо через  $e = (e_1, \dots, e_N)$  множину локальних критеріїв, які вибирає суб'єкт, котрий приймає рішення (СПР), для аналізу стратегій. Тоді кожній стратегії ставитися у відповідність вектор оцінювання:

$$E^l(s_k) = (e_1^l(s_k), e_2^l(s_k), \dots, e_N^l(s_k)), \quad (5)$$

де  $e_n^l(s_k) = e_n(f^l(s_k; \theta_j))$  – елемент вектора, якій є кількісним відображенням спектру якісних характеристик стратегії, які виділяють на основі  $l$ -ї цілі.

Крок 2. Нормалізація функціоналів оцінювання.

Крок 3. Визначення Парето-ефективної стратегії.

Крок 4. Визначення міри ризику відхилення оптимальної стратегії від бажаної (ідеальної): на підставі критерію семіваріації; на підставі відстані (метрики) Хеммінга.

**Висновки.** Отже, представлено вирішення актуальної проблеми побудови комплексу економіко-математичних моделей пошуку оптимального рішення організації функціонування ІС економічного об'єкта з урахуванням ризику. Зокрема, представлений комплекс економіко-математичних моделей дає змогу приймати оптимальне рішення з організації процесу функціонування ІС економічного об'єкта. Комплекс моделей охоплює моделі, які дають змогу вирішувати комплекс питань щодо прийняття рішень з управління ІС на різних рівнях економічного об'єкта. Запропонована модель оцінювання рівня економічного ризику інформаційного сервісу дає змогу визначити рівні економічного ризику реалізації інформаційного сервісу на основі технологій прогнозування обсягів продажу на вітчизняних підприємствах, що і є перспективним напрямом дослідження.

### Література

1. Бандоріна Л.М. Методи багатокритеріальної оцінки ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.03.02 "Економіко-математичне моделювання" / Л.М. Бандоріна; Дніпропетр. нац. ун-т. – Д., 2005. – 20 с. – укр.

2. Корольов О.Л. Методи оцінки економічної ефективності інформаційних систем: проблеми та потреби / О.Л. Корольов // Культура народів Причорномор'я. – 2007. – № 109. – С. 78-82.

3. Оліфіров О.В. Контролінг інформаційної системи підприємства в умовах невизначеності : дис.... д-ра екон. наук: спец. 08.06.01 / О.В. Оліфіров; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. – К., 2004. – 401 с. – укр.

4. Смирнова В.В. Інформаційне забезпечення діяльності підприємства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 "Економіка, організація і управління підприємствами" / В.В. Смирнова; Східноукр. НУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2006. – 19 с. – укр.

5. Елашкин М. Как оценивать эффективность ИТ? / М. Елашкин // Открытые системы. – 2004. – № 7. – С. 10-14.

6. Скрипкин К.Г. Экономическая эффективность информационных систем / К.Г. Скрипкин. – М. : Изд-во "ДМК Пресс", 2002. – 258 с.

7. Поляков А.О. Информационно-динамические основы управления предприятиями и холдинговыми компаниями / А.О. Поляков. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2002. – 192 с.

8. Верченко П.І. Багатокритеріальність і динаміка економічного ризику (моделі та методи) : монографія / П.І. Верченко. – К. : Вид-во КНЕУ 2006. – 272 с.

9. Економічний ризик: ігрові моделі : навч. посібн. / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко, А.В. Сігал, Я.С. Наконечний / за ред. д-ра екон. наук, проф. В.В. Вітлінського. – К. : Вид-во КНЕУ, 2002. – 446 с.

### Ящук В.И., Ганусин В.Б. Модели выбора оптимального функционирования информационно-сервисных систем экономического объекта

Исследован комплекс экономико-математических моделей оптимального функционирования информационной системы экономического объекта, определения, оценки и управления специфическими рисками функционирования ИС. В частности, предложена концепция моделирования процесса функционирования информационных систем экономического объекта. Доказано, что применение комплекса моделей оценки эффективности и управления рисками ИС предполагает использование комплекса экономико-математических моделей определения параметров сервиса, многоцелевой многокритериальной модели оценки эффективного сервиса информационной системы.

**Ключевые слова:** информационно-сервисная система, информационный сервис, экономико-математическая модель, многоцелевая многокритериальная задача.

### Yashchuk V.I., Hanusyn V.D. Selection Models for Optimal Performance of Information Service Systems of Economic Targets

Complex mathematical economic models for optimal economic performance of an information system object identification, assessment and management of specific risk management information systems are studied. The concept of modelling the process of information systems of economic objects is proposed in particular. The use of complex model evaluating the effectiveness of risk management and information systems is proved to involve the use of the complex economic and mathematical model for determining the parameters of the service, multi-objective evaluation model of the efficient service information system.

**Key words:** information and service system, information services, economic- mathematical model, multi multicriteria problems.

УДК 674:658.011.54/56:621.9-114

Доц. Т.В. Іванишин, канд. техн. наук;

доц. О.А. Валюх, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДВОВЕРСТАТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ЗІ СТОХАСТИЧНОЮ ТРИВАЛІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Розглянуто проблему математичного моделювання процесу функціонування автоматизованої лінії з жорстким або гнучким агрегуванням двох машин та стохастичною тривалістю технологічних операцій на її дільницях. Наведено й побудовано математичні

залежності для розрахунку коефіцієнтів використання робочого часу верстатів та коефіцієнта використання робочого часу і продуктивності лінії загалом, коли інтервали випуску продукції на її дільницях описуються ймовірнісною моделлю Ерланга. Запропоновано спосіб прогнозування величини накладених втрат робочого часу машинної системи.

**Ключові слова:** автоматизована лінія, ефективність роботи, продуктивність, коефіцієнт використання робочого часу, накладені втрати, жорстке агрегування, гнучке агрегування, верстат, стохастичність, тривалість операції.

**Актуальність теми.** Будь-яка автоматизована лінія лісового комплексу працює в умовах стохастичної невизначеності варіювання її параметрів [1, 3, 4]. Це призводить до того, що на виробництві реальні показники функціонування машинної системи не співпадають з прогнозованими (дійсна продуктивність технологічного процесу випуску продукції не відповідає проектній). Тому, для розв'язання задачі побудови раціональної структури автоматизованої лінії необхідно розробити методіку математичного моделювання (прогнозування) її якісних показників з урахуванням збурювального впливу великої кількості випадкових факторів на процес роботи машинної системи. З іншого боку адекватна формалізація технологічного процесу є однією з умов ефективності та доцільності його автоматизації.

**Мета дослідження.** Формалізація основних показників двоверстатної автоматизованої лінії з випадковим характером оброблення заготовок на її технологічних дільницях.

**Методика розв'язання задачі.** Відомо, що продуктивність автоматизованої лінії  $P_L$ , яка агрегована  $i$ -им числом верстатів, визначається коефіцієнтом використання робочого часу  $\rho_i$  будь-якої машини та її пропускною здатністю  $P_i$  [1]:

$$P_L = \rho_1 P_2 = \rho_2 P_3 = \dots = \rho_{i-1} P_{i-1} = \rho_i P_i. \quad (1)$$

Якщо функціонування лінії характеризується найпростішими потоками предметів оброблення й описується показниковим законом розподілу ймовірностей тривалості технологічних операцій, то воно є марковським випадковим процесом [1, 3]. У такому разі двоверстатну лінію з жорстким агрегуванням обладнання (буферний міжверстатний накопичувач предметів оброблення відсутній) можна формалізувати як двофазну одноканальну систему масового (СМО) обслуговування з обмеженою чергою замовлень перед другою фазою, для якої коефіцієнти використання робочого часу машин обчислюються, як:

$$\rho_1 = \frac{1-\mu^2}{1-\mu^3} \text{ і } \rho_2 = \mu \cdot \frac{1-\mu^2}{1-\mu^3}, \quad (2)$$

де  $\mu = P_1/P_2$  – співвідношення продуктивностей верстатів у лінії. Тоді для такої ж двофазної СМО, але з гнучким агрегуванням верстатів [1, 4]:

$$\begin{cases} \rho_1 = \frac{1-\mu^{M+2}}{1-\mu^{M+3}}, & \rho_2 = \mu \cdot \frac{1-\mu^{M+2}}{1-\mu^{M+3}} \text{ для } \mu \neq 1 (P_1 \neq P_2); \\ \rho_1 = \rho_2 = \frac{M+2}{M+3} \text{ для } \mu = 1 (P_1 = P_2). \end{cases} \quad (3)$$

Щоб спрогнозувати накладені втрати робочого часу побудованої машинної системи  $H_L$ , величина яких залежить від показників роботи верстатів, їх

кількості і способів з'єднання у лінії та складної природи стохастичного взаємовпливу машин в технологічному потоці [1], необхідно розрахувати очікуване значення коефіцієнта використання робочого часу  $\rho_L$  лінії загалом [2]:

$$\rho_L = \frac{1}{1 + \sum \frac{1-\rho_i}{\rho_i}}. \quad (4)$$

Тоді, згідно з (4) для двоверстатної автоматизованої лінії [3]

$$\rho_L = \frac{1}{1 + \sum \frac{1-\rho_i}{\rho_i}} = \frac{1}{1 + \frac{1-\rho_1}{\rho_1} + \frac{1-\rho_2}{\rho_2}} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 + \rho_1 - \rho_1 \rho_2}. \quad (5)$$

Багаторічні експериментальні дослідження типових процесів механічно-го оброблення деревини на автоматизованих лініях підтвердили гіпотезу про достовірність опису тривалості технологічних операцій, як випадкової величини, Ерланговою функцією розподілу ймовірностей [1]:

$$F(t) = p\{\tau < t\} = 1 - e^{-K\mu t} \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(K\mu t)^i}{i!}, \quad (6)$$

де:  $p\{\tau < t\}$  – імовірність того, що тривалість операції  $\tau$  буде меншою за деяке її значення  $t$ ;  $\mu = 1/\bar{t}$  – інтенсивність (продуктивність) технологічної операції ( $\bar{t}$  – середнє значення тривалості операції);  $K = (\bar{t})^2/S^2(t)$  – параметр розподілу Ерланга ( $S^2(t)$  – величина дисперсії тривалості операції).

У такому разі для двоверстатної лінії з гнучким міжагрегатним зв'язком коефіцієнти використання робочого часу  $\rho_1$  і  $\rho_2$  обох машин можна визначити із залежностей [1]:

$$\rho_1 = 1 - \frac{1-\mu}{1-\mu^{M+3}} \mu^{M+2} (4K e^{-0.06} - 3); \quad \rho_2 = \rho_1 \mu, \quad (7)$$

де  $M$  – оптимальна місткість міжопераційних накопичувачів заготовок (для лінії з жорстким агрегуванням верстатів  $M = 0$  шт.)

Тоді, розв'язавши сумісно рівняння (5) і (7), отримаємо:

$$\begin{aligned} \rho_L &= \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 + \rho_1 - \rho_1 \rho_2} = \frac{\rho_1 \mu}{1 + \mu - \rho_1 \mu} = \frac{\left(1 - \frac{\mu^{M+2} - \mu^{M+3}}{1 - \mu^{M+3}} \cdot a\right) \mu}{1 + \mu - \left(1 - \frac{\mu^{M+2} - \mu^{M+3}}{1 - \mu^{M+3}} \cdot a\right) \mu} = \\ &= \frac{\left[1 - \mu^{M+3} - a(\mu^{M+2} - \mu^{M+3})\right] \mu}{(1 + \mu)(1 - \mu^{M+3}) - \left[1 - \mu^{M+3} - a(\mu^{M+2} - \mu^{M+3})\right] \mu} = \\ &= \frac{\mu - \mu^{M+4} - a\mu^{M+3} + a\mu^{M+4}}{1 + \mu - \mu^{M+3} - \mu^{M+4} - \mu + \mu^{M+4} + a\mu^{M+3} - a\mu^{M+4}} = \\ &= \frac{\mu(1 - \mu^{M+3} + a\mu^{M+3} - a\mu^{M+2})}{1 - \mu^{M+3} + a\mu^{M+3} - a\mu^{M+4}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Тут  $a = 4K_e^{-0,06} - 3$ , де  $K_e = (1 + \mu)^2 / 2(K_1^{-1} + \mu^2 K_2^{-1})$  – еквівалентне значення параметра Ерланга (коефіцієнта стабільності технологічних операцій). Або, розділивши чисельник кінцевого виразу (8) на його знаменник, отримаємо математичну модель для розрахунку коефіцієнта використання робочого часу двоверстатної автоматизованої лінії з гнучким агрегуванням обладнання:

$$\rho_L = \mu \left( 1 - \frac{a\mu^{M+2} - a\mu^{M+4}}{1 - \mu^{M+3} + a\mu^{M+3} - a\mu^{M+4}} \right) = \mu \left( 1 - \frac{a\mu^{M+2}(1 - \mu^2)}{1 - \mu^{M+3}(1 - a + a\mu)} \right). \quad (9)$$

Звідси, підставивши у формулу (9)  $M = 0$ , отримаємо аналітичну залежність, яка дає змогу обчислити значення коефіцієнта використання робочого часу для двоверстатної автоматизованої лінії з жорстким агрегуванням обладнання:

$$\rho_L = \mu \left( 1 - \frac{a\mu^2 - a\mu^4}{1 - \mu^3 + a\mu^3 - a\mu^4} \right) = \mu \left( 1 - \frac{a\mu^2(1 - \mu^2)}{1 - \mu^3 + a\mu^3(1 - \mu)} \right). \quad (10)$$

Тоді, накладені втрати робочого часу для двох варіантів структур автоматизованої лінії можна визначити із співвідношення:

$$H_L = 1 - \rho_L. \quad (11)$$

**Висновок.** Побудовані аналітичні залежності дають змогу адекватно прогнозувати основні показники спроектованої двоверстатної структури автоматизованої лінії з жорстким чи гнучким міжагрегатним зв'язком, якщо ймовірності інтервалів випуску продукції на її дільницях описуються Ерланговим законом розподілу. Наведена методика удосконалює та розширює можливості математичного моделювання технологічних потоків механічного оброблення заготовок порівняно з наявними методиками, розробленими в теорії технологічних систем машин та теорії автоматичних ліній. Сформульований алгоритм розрахунку автоматизованої лінії доцільно застосовувати як під час проектування нових машинних систем, так і для удосконалення та оптимізації працюючих на виробництві ліній.

### Література

1. Дудюк Д.Л. Елементи теорії автоматичних ліній / Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів, Л.М. Сорока. – Київ-Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1998. – 190 с.
2. Шаумян Г.А. Комлексная автоматизация производственных процессов : учебник [для студ. машиностроит. ВУЗов] / Г.А. Шаумян. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1973. – 639 с.
3. Іванишин Т.В. Методика розрахунку коефіцієнта використання робочого часу двоверстатних автоматизованих ліній з жорстким агрегуванням обладнання / Т.В. Іванишин // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.6. – С. 67-71.
4. Іванишин Т.В. Формалізація якісних показників функціонування двоверстатної автоматизованої лінії з гнучким міжагрегатним зв'язком / Т.В. Іванишин, О.А. Валюх // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.14. – С. 370-374.

### Іванишин Т.В., Валюх О.А. Методика расчёта параметров двухста- ночной автоматизированной линии со стохастической продолжитель- ностью технологических операций

Рассмотрена проблема математического моделирования процесса функциони-  
рования автоматизированной линии с жёстким или гибким агрегатированием двух машин

и стохастической продолжительностью технологических операций на её участках. Приведены и построены математические зависимости для расчёта коэффициентов использования рабочего времени станков и коэффициента использования рабочего времени и производительности линии в целом, когда интервалы выпуска продукции на её участках описываются вероятностной моделью Эрланга. Предложен способ прогнозирования величины наложенных потерь рабочего времени машинной системы.

**Ключевые слова:** автоматизированная линия, эффективность работы, жёсткое агрегатирование, гибкое агрегатирование, станок, стохастичность, продолжительность операции.

### Ivanyshyn T.V., Valyuh O.A. The Method of Calculation of Two-Machine Automated Line Parameters with Stochastic Duration of Technological Processes

The problem of mathematical modelling of automated line functioning process with rigid and flexible aggregation of two machines and stochastic duration of technological processes is examined. Mathematical dependences for calculation coefficients of using machine work time and coefficient of using work time and line productivity generally is shown, when intervals of the output on its machines are described by the probability Erlang's model. The method of evaluation of machine system work time loss is offered.

**Key words:** automated line, work effectiveness, productivity, using working time coefficient, loss, rigid aggregation, flexible aggregation, machine, stochasticity, duration of the process.

УДК 004.94 **Ст. викл. О.Є. Токар<sup>1</sup>; доц. М.М. Король<sup>2</sup>, канд. с.-г. наук;  
ст. наук. співроб. І.М. Шпаківська<sup>3</sup>, канд. біол. наук; аспір. В.М. Дичкевич<sup>2</sup>**

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПАСІВ ВУГЛЕЦЮ У ФІТОМАСІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розроблено інформаційну технологію для обчислення обсягів вуглецю у різних компонентах фітомаси насаджень. Запаси вуглецю у фітомасі насаджень обчислено методом "знизу-вгору" з використанням конверсійного коефіцієнта та на основі прямих підрахунків запасів окремих складових фітомаси й щільності деревини за породами. На основі експериментальних досліджень (54 пробних площ Спаського лісництва ДП "Брошнівське ЛГ" Івано-Франківської області) встановлено, що загальний запас вуглецю вкритих лісовою рослинністю ділянок цього лісництва становить 766468 т, щільність запасів вуглецю – 199 т/га. Найбільші запаси вуглецю акумулюють букові насадження.

**Ключові слова:** лісові насадження, фітомаса, запаси вуглецю, інформаційна технологія.

**Вступ.** Ліси відіграють важливу роль у стабілізації CO<sub>2</sub> в атмосфері. Їхня здатність нагромаджувати та зберігати вуглець може пом'якшувати наслідки парникового ефекту. З огляду на те, що Україна є активною учасницею Кіотського протоколу і має певні зобов'язання щодо викидів парникових газів в атмосферу [1], а ліси України мають значний потенціал щодо накопичення його [2, 3]. Отже, розроблення інформаційних технологій та визначення величини депонування вуглецю в лісових насадженнях залишається актуальною.

<sup>1</sup> НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> НЛТУ України, м. Львів;

<sup>3</sup> Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів