

Висновок. На основі критерію Е.К. Ашкеназі та результатів експериментальних досліджень кривих довгочасного опору деревини отримано співвідношення (9) і (14), які у випадку доповнення залежностями (2)-(7) утворюють систему рівнянь для розрахунку довгочасної міцності матеріалів з деревини хвойних порід.

Література

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 224 с.
2. Белянкин Ф.П., Яценко В.Ф. Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязко-пластического тела. – К.: Изд-во АН УССР, 1957. – 186 с.
3. Гольденблат И.И., Бажанов В.Л., Копнов В.А. Длительная прочность в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1977. – 248 с.
4. Леонтьев Н.Л. Длительное сопротивление древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1957. – 132 с.
5. Соколовський Я.І., Гірник М.Л., Шикеринець І.М., Поберейко Б.П. Механічні властивості деревинних композитних матеріалів// Препр. № 95.8 – УкрДЛТУ, 1996. – 53 с.
6. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. Дослідження вологісних і залишкових напружень у процесі сушіння// Наук. вісник УкрДЛТУ: 36. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип.8.1 – С. 196-207.

УДК 330.133.7

*Проф. Д.Л. Дудюк, д-р техн. наук;
доц. Л.Д. Загвойська, канд. екон. наук – УкрДЛТУ*

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ МЕТОДАМИ ІНТЕЛЕКТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Пропонуються нові інтелектуальні технології для вирішення різноманітних техніко-економічних та екологічних завдань моделювання й оптимізації виробничих процесів лісозаготівлі й оброблення деревини. Розкриваються основні принципи і переваги методів нечітких множин, генетичних алгоритмів і нейронних мереж як ефективного інструменту досліджень порівняно з традиційними математичними методами. Особливо ефективним є комплексне поєднання вказаних методів у єдиний системний апарат дослідження складних техніко-еколого-економічних систем.

Prof. D.L. Dudyuk, doc. L.D. Zahvoyska – USUFWT

Analysis of Woodworking System Effectiveness by Intellect Technics Method

New intellect technics methods for different engineering, economic and ecologic problems of woodworking production systems are proposed. The main principles and advantages of fuzzy expert, genetic algorithm and neuron nets as effective research instrument are shown. The complex utilization of those methods for investigations of big engineering, economic and ecologic systems is especially effective.

Технологічні процеси і системи лісозаготівлі й оброблення деревини, які дотичні до предметів праці біологічного, технічного і суспільного походження, вирізняються цілою низкою специфічних особливостей [1]. По-перше, ці процеси і системи характеризуються великою кількістю параметрів, чимало з яких мають стохастичні властивості. По-друге, для успішного функціонування цих процесів і систем вимагаються великі потоки різноманітної ін-

формації. У процесі взаємодії цих систем з довкіллям на системи посилюються впливи збурювальних стохастичних діянь [2].

Таким чином, процеси і системи лісозаготівлі й оброблення деревини мають основні риси складних систем з імовірнісним характером функціонування. Тому спроба моделювати їх з метою аналізу та пошуку оптимальних розв'язків традиційними математичними методами за допомогою різних видів рівнянь – диференціальних, різницевих, регресійних та ін. часто стикається зі значними труднощами, а іноді й неможливістю розв'язати поставлені завдання.

Незрівнянно більші можливості для розв'язання різноманітних завдань галузевого виробництва у сфері технічних, екологічних та економічних проблем надають нові інтелектуальні технології, а саме методи нечітких множин генетичних алгоритмів, нейронних мереж [3, 4] і особливо їх комплексне поєднання [5]. Проілюструвати їх можна завданням оцінки ефективності та оптимальних параметрів автоматизованих виробничих систем. З цією метою розглянемо для прикладу просту автоматизовану виробничу систему з двох послідовних (рис. 1) дільниць з пропускнуою здатністю відповідно μ_1 та μ_2 одиниць продукції за одиницю часу та зі зведеними питомими видатками на цю продукцію відповідно z_1 та z_2 [6].

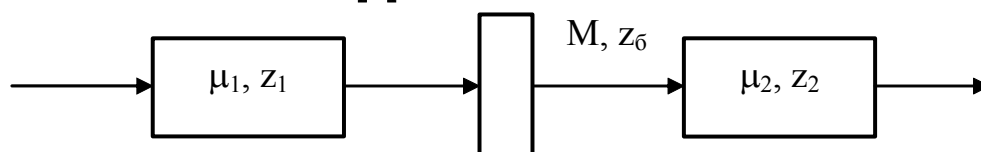


Рис. 1. Виробнича система з двох дільниць

У такому разі сумарні видатки за одиницю часу z_c складатимуться з видатків на першій дільниці ($\mu_1 z_1$), видатків на другій дільниці ($\mu_2 z_2$) і з видатків у буферному пристрої місткістю на M одиниць продукції ($M z_0$). Фактичні продуктивності виробничої системи Π_c та послідовно працюючих дільниць однакові

$$\Pi_c = \mu_1 \rho_1 = \mu_2 \rho_2, \quad (1)$$

де ρ_1, ρ_2 – коефіцієнти завантаження в часі першої та другої дільниць.

Тому сумарні видатки на одиницю продукції в аналізованій виробничій системі становлять [6]

$$z_c = \frac{\mu_1 z_1 + \mu_2 z_2 + M z_0}{\mu_2 \rho_2} = z_2 (\mu z + M z_0 + 1) \frac{1 - \mu^y}{\mu - \mu^y}, \quad (2)$$

де: $\mu = \frac{\mu_1}{\mu_2}$; $z = \frac{z_1}{z_2}$; $z_0 = \frac{z_0}{\mu_2 z_2}$; $\rho_2 = \frac{\mu - \mu^y}{1 - \mu^y}$ $y = KM + \Pi + 1$; K – параметр стабільності інтервалу випуску продукції (параметр Ерланга);

$$\Pi = 2^{2K} \binom{2K}{K} = \Pi_{i,K} \frac{2i}{2i-1} \approx \sqrt{\pi K} \left(1 + \frac{1}{8K} \right).$$

Отриманий тут вираз (2) свідчить, що величина зведених видатків у виробничій системі з двох дільниць і буферного пристрою між ними на ви-

пуск одиниці продукції визначається розподілом цих видатків на ділянках (z_1, z_2 і z_6), співвідношенням номінальних продуктивностей ділянок (μ) та місткістю буферного пристрою між ними M . Спроба знайти оптимальні за критерієм цих видатків параметри μ та M методом диференціального числення привели до необхідності розв'язати наступну систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} z\mu^{2y} - yz\mu^{y+1} + (y-1)(z - Mz_0 - 1)\mu^y + y(Mz_0 + 1)\mu^{y-1} - Mz_0 - 1 &= 0; \\ \mu^{2y-1} - \left[\left(M + \frac{1}{z_{00}} \right) K \ln \mu + 1 \right] \mu^y + \left[\left(M + \frac{1}{z_{00}} \right) K \ln \mu - 1 \right] \mu^{y-1} + 1 &= 0, \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

де $z_{00} = z_6 / (\mu_1 z_1 + \mu_2 z_2)$, або у дещо компактнішому вигляді

$$\left. \begin{aligned} \frac{z}{Mz_0 + 1} &= \frac{\mu^{-y} - y\mu^{-1} + y - 1}{\mu^y - y\mu + y - 1}, \\ K \left(M + z_{00}^{-1} \right) &= \frac{(1 - \mu^y)(1 - \mu^{1-y})}{(1 - \mu) \ln \mu} \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Аналітично розв'язати ці системи рівнянь ще, на жаль, не вдалося.

Генетичний алгоритм (ГА), який можна розглядати як один із різновидів випадкового пошуку, що базується на закономірностях, які нагадують природний відбір і розмноження. Розпочинає свою роботу ГА з деякого початкового набору – набору розв'язків (M, μ), який називають *популяцією*. Кожний елемент із популяції називається *хромосомою* і представляє деякий розв'язок завдання у першому наближенні. Хромосома подається у вигляді рядка символів певної природи, наприклад, бінарних. Хромосоми еволюціонують протягом багатьох ітерацій, що мають назву *поколінь* (або генерацій). На кожному кроці ітерації хромосома оцінюється за допомогою деякої міри відповідності або *функції відповідності* (*fitness function*). Нові покоління хромосом формуються головним чином шляхом схрещування (*crossover*) двох батьківських хромосом поточної популяції. Крім цього, з певною вірогідністю відбувається випадкова зміна (*мутація*) хромосоми. Нова популяція формується відбором згідно з функцією відповідності деяких батьків і нащадків та видаленням решти, щоб зберегти постійним розмір популяції.

Таким чином, виконуються чотири основні *генетичні операції*: відбору, схрещування, мутації та редукції. Їх виконують відповідні *генетичні оператори* (рис. 2). Генетичні операції нагадують своїм змістом процес успадкування генів у створенні нового нащадка у кожному поколінні. Сам перехід від однієї популяції до наступної нагадує процес еволюції Дарвіна.

Оператор відбору батьківських пар для розмноження (тобто кращих варіантів автоматизованої виробничої системи для розвитку) і особин для видалення (тобто відкидання гірших варіантів системи) працює за принципом "виживає сильніший". І хоча відбір пар варіантів відбувається випадково, однак обов'язково за величиною ймовірності участі у подальшому розвитку. Ймовірність участі особини в розмноженні (варіанту в розвитку) P_i обчислюється за формулою:

$$P_i = F_i / \sum_{k=1}^N F_k, i = \overline{1, M}, \quad (5)$$

де: N – розмір популяції (кількість варіантів технічних параметрів (μ , M)); M – кількість особини у популяції (варіанта); F_i , F_k – значення функції відповідності відповідної особини (варіанта).

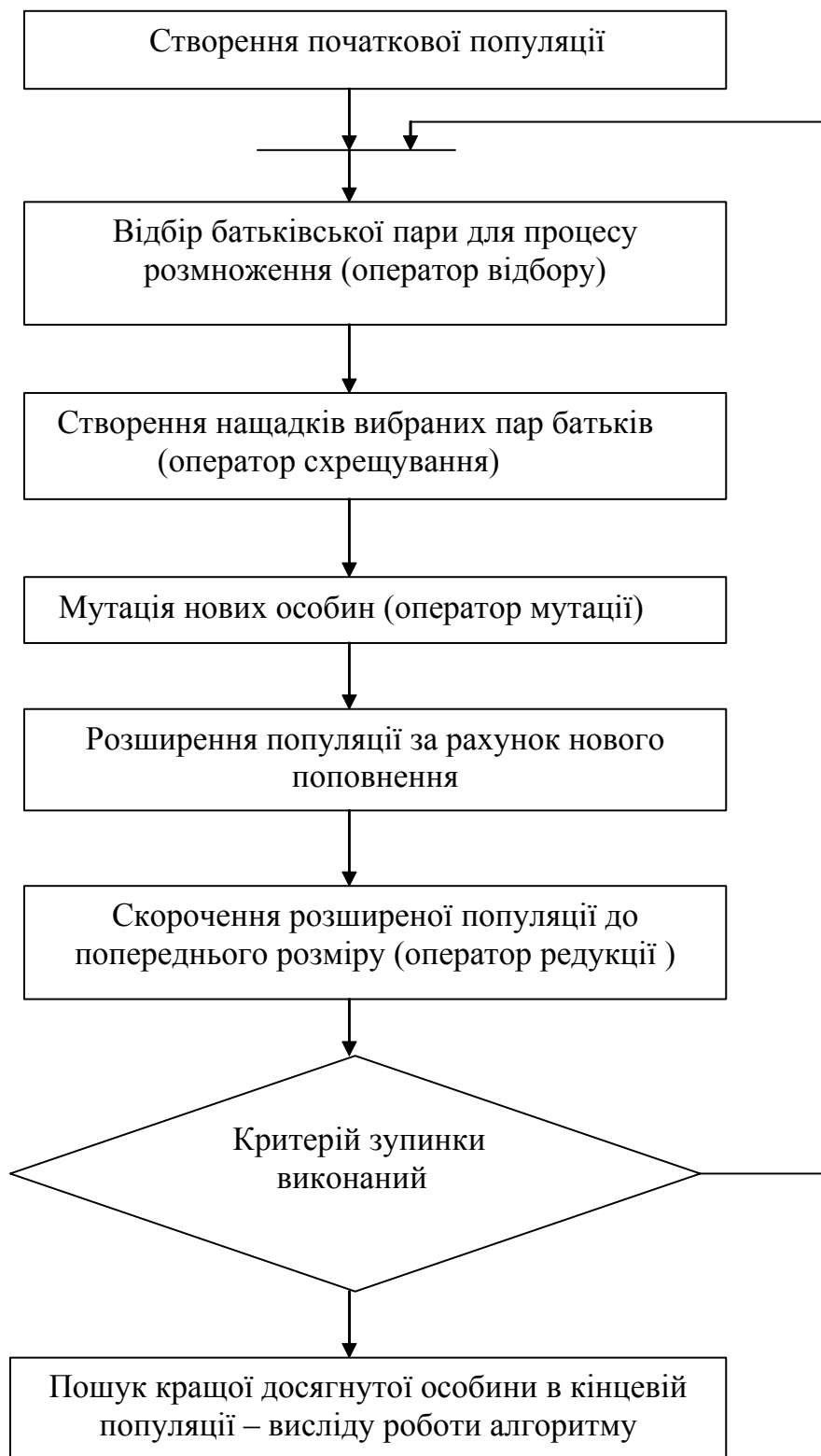


Рис. 2. Схема роботи генетичного алгоритму

У нашому випадку пошуку варіанта з мінімальними видатками $z_{\min}$ функція відповідності визначається

$$F_i = 1 - z_{ci} / \sum_{k=1}^N z_{ck}, \quad i = \overline{1, M}, \quad (6)$$

де z_{ci} , z_{ck} – зведені видатки на одиницю продукції відповідних варіантів автоматизованої системи. Очевидно, що один варіант може бути задіяним для генерування у декількох батьківських парах.

Аналогічно може вирішуватися питання видалення особин, тобто усунення гірших варіантів від участі в генеруванні наступних поколінь. Вибираючи для множення кращі особини і видаляючи слабші, ГА покращує популяцію, ведучи до все кращих розв'язків.

Операція схрещування – основна в ГА. У ній беруть участь дві хромосоми – батьки. Оператор схрещування моделює природний процес спадкування, тобто передачу нащадкам властивостей батьків. Цю передачу виконують у два етапи. Якщо властивості особини (варіанта оптимізованої системи) представлені рядком із n елементів, то на першому етапі рівноймовірно вибирається число K від 1 до $n - 1$. Це число називається *точкою розбиття*. Відповідно з ним два початкові рядки властивостей особин, що схрещуються, розбиваються на два підрядки. На другому етапі рядки обмінюються своїми підрядками, які знаходяться після точки розвитку, тобто елементами від $(k+1)$ -го по n -й (рис. 3).

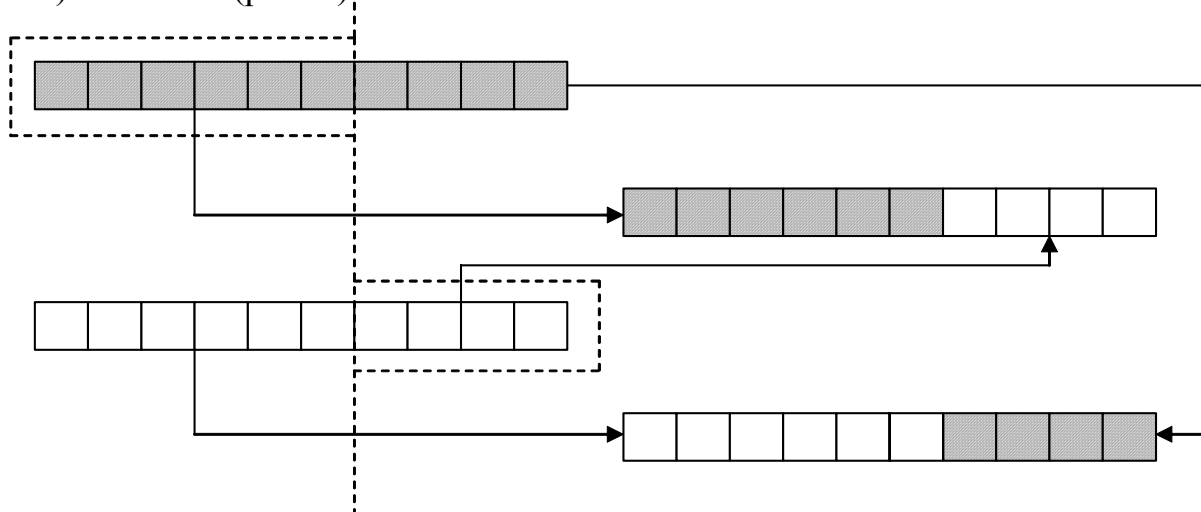


Рис. 3. Операція схрещування

Так генеруються два нові рядки, які успадкували частково властивості своїх батьків (попередніх варіантів). Цей метод дуже добре працює, коли хромосоми представлені бітовими рядками. Крім цього, продуктивність всього ГА залежить від продуктивності операції схрещування. Ймовірність застосування оператора схрещування вибирається досить високою ($p_c = 0,9 \dots 1,0$), щоб забезпечити постійне оновлення особин, що розширюють простір пошуку. Частку генерованих на кожній ітерації нащадків ще називають *коефіцієнтом схрещування* (p_c). Його добуток на *розмір популяції* ($p_c \cdot N$) показує чисельність нового покоління. Велике значення цього коефіцієнта дає змогу дослідити більшу частину простору пошуку (простору розв'язків) і зменшує шанс потрапити

в локальний оптимум. Завелике значення p_c може призвести до значних витрат часу обчислень на дослідження безперспективних варіантів.

У ГА використовується також поняття *елітизму*. Це особлива стратегія, яка передбачає перехід елітних особин (варіантів) у наступне покоління без будь-яких змін. Елітизм сприяє збереженню загальної якості популяції на високому рівні. Елітні особини беруть участь ще і у процесі відбору батьків для наступного схрещування. Кількість елітних особин (варіантів) E визначається за формулою

$$E = (1 - p_c)N, \quad (7)$$

де p_c – ймовірність схрещування; N – розмір популяції.

Операція мутації генерує випадкові зміни в різних хромосомах. Найпростіший варіант мутації полягає у випадковій зміні одного чи декількох генів. Випадкові зміни хромосом особин (варіантів) дають змогу розширити обмеженість початкового набору даних, подолати локальні екстремуми та іноді значно скоротити час пошуку розв'язку. Ймовірність мутації, як правило, вибирається досить малою. Завищення ймовірності мутації може призвести до великих випадкових збурень. Нащадки перестануть бути подібними на батьків і ГА втратить можливість навчатися та зберігати спадкові ознаки.

У процесі роботи алгоритму поступово змінюються особини, покращується популяція (набір варіантів). Так виконується основна функція ГА – покращити популяцію розв'язків порівняно з початковою.

Що стосується стратегії пошуку оптимальних варіантів, то на сьогодні склалися два пошукові методи: використання найкращого розв'язку та дослідження простору розв'язку. Прикладом стратегії, що вибирає найкращий розв'язок для можливого покращення, є градієнтний метод, який у той же час повністю ігнорує дослідження всього допустимого простору пошуку. Випадковий пошук, навпаки, досліджує простір розв'язку, ігноруючи перспективні області простору пошуку. ГА відноситься до того класу пошукових методів загального призначення, які комбінують елементи обох стратегій. Використання цих методів дає змогу дотримуватися прийняттого балансу між дослідженням простору та використанням найкращого розв'язку. На початку роботи ГА популяція випадкова і має набір різних якісних елементів. Тому оператор схрещування досліджує обширний простір розв'язків. З ростом значення функції відповідності генерованих розв'язків оператор схрещування досліджує окіл кожного з них. Таким чином, тип пошукової стратегії (використання найкращого розв'язку чи дослідження області розв'язків) для оператора схрещування визначається не ним самим, а різноманітністю популяції.

Алгоритм розв'язування оптимізаційних завдань у загальному випадку – це певна послідовність кроків обчислень, які асимптотично сходяться до оптимального розв'язку. Більшість класичних методів оптимізації генерують детерміновану послідовність обчислень, що базується на градієнті або на похідній більш високого порядку від функції мети. Методи ці застосовуються до однієї початкової точки простору пошуку. Потім розв'язок поступово покращується в напрямку найшвидшого зростання або спадання функції мети. За такого поточкового підходу є небезпека потрапити в локальний оптимум.

ГА веде одночасний пошук у багатьох напрямках шляхом використання всієї популяції можливих розв'язків. Перехід від однієї популяції до іншої допомагає обійти локальний оптимум. Так популяції зазнають певних еволюційних змін: у кожному поколінні кращі розв'язки репродукуються, а гірші відмирають.

Таким чином виділяються дві основні переваги ГА над класичними методами оптимізації:

- ГА не висуває значних математичних вимог до видів функцій мети й обмежень. Відпадає потреба спрощувати модель об'єкта, з метою можливості застосування доступних математичних методів;
- класичні покрокові методики забезпечують визначення глобального оптимуму лише за умови, що задача має властивість випуклості. Еволюційні операції ГА успішно знаходять глобальний оптимум незалежно від випуклості чи вгнутості простору пошуку.

Особливо висока ефективність пошуку оптимальних розв'язків для різних варіантів автоматизованих виробничих систем досягається за умови комплексного використання методів генетичних алгоритмів, нечітких множин і нейронних мереж.

Література

1. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д. Оцінка й елімінування втрат робочого часу в автоматизованих системах деревообробного виробництва: Монографія. – Львів: Панорама, 2003. – 140 с.
2. Загвойська Л.Д. Економіко-математичні моделі у виробничому менеджменті деревообробних підприємств. Дис. ... канд. екон. наук. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – 198 с.
3. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2004.
4. Корнеев В.В., Гореев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.
5. Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: Универсум, 1999. – 320 с.
6. Дудюк Д.Л. та ін. Елементи теорії автоматичних ліній. – Київ, Львів: Престиж-Інформ, 1998. – 192 с.

УДК 674.02: 621.9.048.7

Доц. І.М. Озарків, канд. техн. наук;
магістрант М.Ю. Зарічна – УкрДЛТУ

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Розкрито особливості матеріалів (деревини, ДВП, ДСП, ДКМ) та їх оброблення лазерним випромінюванням. Дано аналіз факторам впливу на інтенсивність оброблення деревини лазером.

Doc. I.M. Ozarkiv; Master M.Yu. Zarichna – USUFWT

Physical – chemicals features cultivating for laser of timbers and wooden materials

In this work we have disclosed feature materials (timbers, WFP, particle boards, WPM) and their laserworking industry of radiation. This article describes the different factors influence on intensive cultivation timbers for laser.