

Середнє квадратичне відхилення значень, отриманих згідно з побудованою емпіричною формулою та експериментальними даними, становить 5,5 %. На рис. 5 наведено графік зміни стискальної сили залежно від товщини плити.

Висновок. Згідно з основними положеннями опору матеріалів і теорії стійкості стиснутих стрижнів, проведено математичний опис процесу гнуття деревоволокнистої плити. За допомогою методу апроксимації побудовано емпіричну формулу, згідно з якою встановлено значення стискальної сили для отримання гнутих криволінійних елементів із ДВП. Середнє квадратичне відхилення значень, отриманих згідно з побудованою емпіричною формулою та експериментальними даними, становить 5,5 %.

Література

1. Костриков П.В. Производство гнуклееной мебели / П.В. Костриков. – М. : Изд-во "Наука", 2008. – 282 с.
2. Манкевич Л.А. Исследование процессов гнутья древесины и древесных материалов : дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.21.05 – Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки / Л.А. Манкевич. – М., 2013. – 40 с.
3. Хухрянский П.Н. Прессование и гнутье древесины / П.Н. Хухрянский. – М. : Гослесбуиздат, 1956. – 244 с.
4. Белянкин Ф.П. Прочность и деформативность слоистых пластиков / Ф.П. Белянкин, В.Ф. Яценко, Г.И. Дыбенко. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1964. – 218 с.
5. Tudryszewski K. Coefficient of strength quality in bending of wood based panels / K. Tudryszewski K. Warmbier, M. Wilczynski. – Poznan : Technologia Drewna, journal, 2002. – 36 p.
6. Son J.J. Making useful furniture products with corrugated fibreboards / J.J. Son. – Toronto : Dept. of Mechanical and Industrial Engineering University, 2012. – 12 p.
7. Xavier J. Characterisation of the bending stiffness components of MDF panels from full-field slope measurements / J. Xavier, U. Belini, F. Pierron, J. Lousada, M. Tomazello, J. Morais. – Berlin : Wood Science and Technology, March 2013. – Vol. 47. – Pp. 423-441.

Пыльниц И.З. Математическое описание процесса гнутья криволинейных элементов из древесноволокнистых плит

Приведены примеры использования криволинейных мебельных элементов из древесноволокнистых плит (ДВП). В результате теоретико-экспериментальных исследований установлено усилие для гнутья ДВП в зависимости от их геометрических характеристик. Проведено математическое описание процесса гнутья на основе теоретических положений напряженно-деформированного и предельно равновесного состояний ДВП. Получена математическая модель, позволяющая прогнозировать значение сжимающей силы для изготовления гнутых криволинейных элементов с минимальным количеством брака или отходов при разрушении.

Ключевые слова: древесноволокнистая плита, гнутье, криволинейный элемент, критическая сила, метод аппроксимации.

Pylypiv I.Z. Mathematical Description of Bending Fiberboard Curved Elements

Some examples of the use of curved furniture elements of fiberboard (MDF) are provided. As a result of the theoretical and experimental studies we determined stress to bend MDF, according to their geometrical characteristics. A mathematical description of bending process based on theoretical concepts of stress – strain states of maximum equilibrium fiberboard is given. The study received a mathematical model that allows predicting the value of compressive force to manufacture curved curvilinear elements with a minimum defect number or the destruction of waste.

Keywords: fiberboard, bending, curved element, critical power, approximation method.

УДК 681.5:504.06

Асист. М.А. Шуфнарвич, канд. техн. наук –
Івано-Франківський національний медичний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПІД ЧАС КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Актуальним питанням на сьогодні залишається збереження екологічно чистих територій, а також не менш важливим є питання прогнозування повеней і паводків на території України. Для вирішення цього питання запропоновано метод моделювання стану ґрунтів, шляхом застосування штучних нейронних мереж, а також система інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в річках. В основу комп'ютерної системи покладено спеціалізоване програмне забезпечення, що ґрунтується на методі побудови математичних моделей на принципах генетичних алгоритмів. Використання ідей генетичних алгоритмів до побудови математичних моделей дає змогу не тільки вибрати оптимальну за структурою адекватну модель, але й значно зменшити число обчислень під час перебору моделей.

Ключові слова: об'єкт природокористування, керування екологічними процесами, математичне моделювання, прогнозування, інтелектуальна підтримка прийняття рішень.

Під дією природних та антропогенних факторів об'єкти природокористування змінюють свій стан і така зміна, у багатьох випадках, негативно впливає на середовище проживання людини. Одним із способів компенсації негативно впливу є залучення автоматизованих систем до керування станом об'єктів природокористування, що забезпечить формування ефективних рішень в умовах складності, невизначеності та нестаціонарності процесу. Завданнями таких систем є контроль основних показників стану об'єктів природокористування, їх оброблення з використанням методів штучного інтелекту для вироблення управлінських рішень, спрямованих, наприклад, на зменшення вмісту забруднень земель сільськогосподарського призначення, а також на запобігання катастрофічним ситуаціям внаслідок підняття рівня води річок.

На сьогодні існує низка автоматизованих систем, зокрема інтелектуальних, які здатні забезпечити підтримку прийняття управлінських рішень у процесі керування станом компонентів навколишнього середовища. Проведений аналіз підтверджує, що сучасний стан створення та розвитку систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень під час керування об'єктами природокористування перебуває на досить ранній стадії використання у природокористуванні.

Метою роботи є синтез системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень для ефективного керування об'єктами природокористування та прогнозування їх станів на основі методів побудови емпіричних моделей з використанням ідей штучного інтелекту.

Вирішення такої наукової задачі неможливе без створення адекватних математичних моделей, які б достатньою мірою відображали причинно-наслідковий характер процесів, що відбуваються в об'єктах природокористування під дією природних та антропогенних факторів.

Під час моделювання стану ґрунтів за вмістом важких металів C_i у будь-якій точці досліджуваного району отримані результати досліджень можуть бути апроксимовані певною математичною залежністю

$$C_i = f(X, Y), \quad (1)$$

де X і Y – координати точок відбору проб.

Аналіз існуючих способів апроксимації показав, що найбільшій увазі заслуговує спосіб функціонального наближення до (1) з використанням теорії нейромереж. Одна із проблем, що може виникнути під час застосування нейромереж – це неприйняття. Внаслідок проведеного аналізу нейромереж з урахуванням неприйняття нейромережі виявлено, що найкращою є узагальнена регресійна нейромережа, яка належить до класу радіальних нейромереж [1].

Для класифікації стану ґрунтів розроблено систему нечіткого висновку, яка на основі інформації про концентрацію важких металів у ґрунті дає змогу судити про один із станів ґрунту. База правил системи нечіткого висновку сформована на основі можливих комбінацій концентрацій k важких металів у ґрунті із n термів. Загальна кількість правил, які утворюють базу, становить $N = (C_n^1)^k = n^k$. Для кожної комбінації концентрацій важких металів оцінено стан ґрунтів на основі таблиці, яка формується автоматично відповідно до розробленої програми [2].

Зміну рівня води в річці залежно від погодних умов представлено математичною моделлю [3]

$$\dot{H}_t = H_t + G(t) + h(t), \quad (2)$$

де H_t – залишкова складова.

У загальному випадку лінійний тренд описується поліномом степеня n

$$h(t) = \sum_{i=0}^n \theta_i t^i, \quad (3)$$

де: t – час; θ_i – параметри рівняння (3) знайдено за МНК.

Складову $G(t)$ представлено у вигляді гармонічного ряду з некрatними частотами

$$G(t) = A_0 + \sum_{j=1}^m (A_j \sin(t\omega_j) + B_j \cos(t\omega_j)), \quad (4)$$

де: t – такти відліку часу, $t=1,2,3,\dots,N$; A_0, A_j, B_j – параметри гармонічного ряду (4); $\omega_j = \omega_{j-1} + \Delta\omega_j$ – некрatні частоти, $j=1,2,3,\dots$

Для опису залишкової складової використано поліном степеня r

$$H_t = \sum_{i=0}^{M-1} a_i \prod_{j=1}^k x_j^{s_{ji}}, \quad (5)$$

де: $M = \frac{(r+n)!}{r!n!}$ – кількість членів полінома; a_i – коефіцієнти полінома; s_{ji} – степені аргументів, які повинні задовольняти обмеження $\sum_{j=1}^k s_{ij} \leq r$; k – кількість незалежних змінних.

Суму гармонік ряду (4), у якому коефіцієнти A_0, A_j, B_j визначені за методом найменших квадратів, а число гармонік і їх частоти вибрані так, щоб от-

римати мінімум деякого зовнішнього критерію селекції, називають гармонічним трендом оптимальної складності.

Задачу синтезу оптимального гармонічного ряду (4) представлено у вигляді такої процедури.

Вибрано такі функції:

$$g(i+p) = \sum_{j=1}^m (A_j \sin((i+p)\omega_j) + B_j \cos((i+p)\omega_j)),$$

$$g(i-p) = \sum_{j=1}^m (A_j \sin((i-p)\omega_j) + B_j \cos((i-p)\omega_j)).$$

Для знаходження параметрів A_0, A_j, B_j і ω_j гармонічного тренду спочатку визначено вагові коефіцієнти α_p , з умови мінімізації нев'язки

$$B = \sum_{i=m+1}^{N-m} b_i^2, \quad (6)$$

$$\text{де } b_i = g(i+m) - \sum_{p=0}^{m-1} \alpha_p (g(i+p) + g(i-p)) + g(i-m), \quad i = \overline{m+1, N-m} \quad (7)$$

характеризує точність, з якою коливний процес виражається через задану суму гармонічних складових. У формулі (7) величини g відповідних дискретних аргументів замінено на $g(i) = G(t_i)$.

Отже, отримано таку задачу

$$\min_{\vec{\alpha}} J(\vec{\alpha}) = \sum_{i=m+1}^{N-m} \left(z_{i,m} - \sum_{p=0}^{m-1} \alpha_p g_{i,p} \right)^2,$$

де: $\vec{\alpha} = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{m-1})^T$ – вектор вагових коефіцієнтів; $z_{i,m} = \bar{g}(i+m) + \bar{g}(i-m)$; $g_{i,p} = \bar{g}(i+p) + \bar{g}(i-p)$.

Для визначення частот ω_j розв'язано рівняння

$$P_m z^m + P_{m-1} z^{m-1} + \dots + P_1 z + P_0 = 0, \quad (8)$$

де $z = \cos \omega$, коефіцієнти $P_i, i=0,1,\dots,m-1$ є функціями вагових коефіцієнтів $\alpha_p, p=0,1,\dots,m-1$.

Рівняння (8) має m коренів, які однозначно визначають $\omega_j, j = \overline{1, m}$.

Задачу синтезу оптимального гармонічного ряду розв'язано з використанням генетичних алгоритмів. Утворено хромосому довжиною m , в якій на i -му місці буде стояти нуль або одиниця, залежно від того, чи частота ω_j вилучена із вибраного повного ряду m , чи залишена. Із всієї популяції вибрано особи, що найбільше пристосовані, тобто такі, які мають найбільше (найменше) значення функції пристосованості. У задачі синтезу моделей коливних процесів функцією пристосованості виступає комбінований критерій селекції

$$\rho = \sqrt{n_d^2 + B^2}, \quad (9)$$

де n_d^2 – критерій зміщення, який обчислюється за такою формулою:

$$m_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (g_i(R) - g_i(S))^2}{\sum_{i=1}^N g_i^2}, \quad (10)$$

де: B – функція нев'язки, що визначається як (7); $g_i(R)$, $g_i(S)$ – величини, значення яких обчислені відповідно на множині точок N за формулою (4), а коефіцієнти моделі (4) знайдені відповідно на множинах $N_R + N_Q$ і N_S (N_R – навчальна; N_Q – перевірна; N_S – екзаменаційна).

Після виділення із експериментальних даних лінійного тренду (3) і гармонічної складової отримано залишкову складову H_t , яку описано емпіричною моделлю (5). Як правило, структура моделі (5) невідома. Отже, задача синтезу емпіричної моделі полягає у виборі із початкової популяції такої, хромосоми, яка забезпечує найкраще значення функції пристосованості. Алгоритм розв'язку поставленої задачі аналогічний раніше розробленому для виділення гармонічного тренду.

На рис. 1 показано результати моделювання зміни рівня води річки як функції параметрів метеоумов. На рис. 2 показано результат прогнозування рівня води в річці Дністер на наступні 24 доби за побудованою моделлю. З рисунків видно, що мають місце досить задовільні збіги між розрахунковими і експериментальними даними.

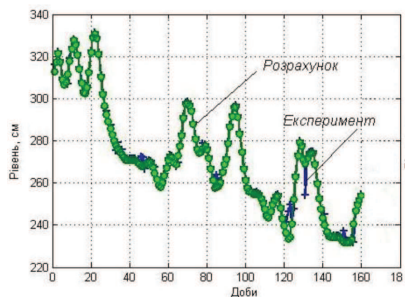


Рис. 1. Залежність рівня води у річці від погодних умов

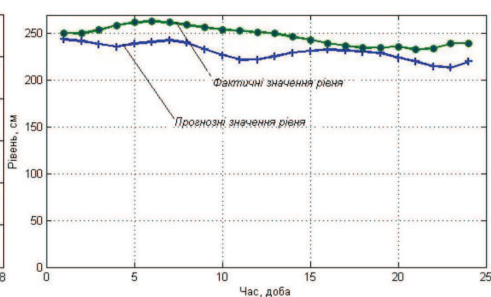


Рис. 2. Результати прогнозування рівня води на екзаменаційній множині

Для оцінювання якості прогнозу за самоорганізації моделей прогнозування на новій множині даних N_S , що не використовується в побудові математичної моделі, визначено середньоквадратичне відхилення обчисленого за моделлю прогнозованого значення y_i і дійсного значення Y_i

$$\Delta^2(S) = \frac{\sum_{i=1}^{N_S} (Y_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{N_S} Y_i^2} \rightarrow \min. \quad (11)$$

Обчислене за формулою (11) значення критерію дає змогу встановити якість прогнозу: за умови $\Delta^2(S) \leq 0,5$ – прогноз вважають високої якості, за

$\Delta^2(S) \leq 0,8$ – прогноз задовільний, а за $\Delta^2(S) = 1$ – відповідає точності прогнозу за кліматичним середнім. За $\Delta^2(S) > 1$ застосовувати прогнозуючу модель не має змісту, оскільки модель не точна, тобто наявні значні відхилення від реального досліджуваного процесу.

Отримане значення критерію $\Delta^2(S) = 0,0058$ свідчить про задовільну точність прогнозу рівня річки. Крім цього, якість прогнозу визначено шляхом побудови довірчих інтервалів для лінії регресії $y = a_0 + a_1 Y$, де: a_0 , a_1 – коефіцієнти лінії регресії; Y , y – фактичні та прогнозовані значення рівня води, за рівня значущості $\alpha = 0,001$.

Розроблений метод синтезу математичної моделі оптимальної складності зміни рівня річки залежно від погодних умов на засадах генетичних алгоритмів покладено в основу системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в річках Прикарпаття. Систему застосовано для вироблення протипаводкових рішень відповідно до поточного та прогнозованого стану річки Дністер (рис. 3) [4].

Система інтелектуальної підтримки прийняття рішень реалізує такі функції: збір метеоданих і значень рівня води річки і передачу їх з пунктів спостереження на автоматизоване робоче місце оператора, де формується база даних, виконується оброблення та аналіз поточного стану, прогнозування рівня річки і на основі цих результатів прийняття ефективних управлінських рішень з метою запобігання катастрофічним наслідкам повеней.

У системі для збирання метеоданих використано набір радіодавачів метеостанції, а для вимірювання рівня води – радарний давач рівня, що розміщуються безпосередньо у наперед вибраних пунктах спостереження. Процедура визначення рівня води в річці має таку послідовність кроків: 1) фіксується базовий рівень води в річці – h_0 за допомогою мірної рейки за нормальних погодних умов для досліджуваної території; 2) визначається відстань до базового рівня – h_0 давачем рівня за тих самих погодних умов; 3) зафіксувавши давачем значення до поточного рівня h_m , рівень річки знаходять за формулою

$$\tilde{H}_t = h_0 + h_0 - h_m. \quad (12)$$

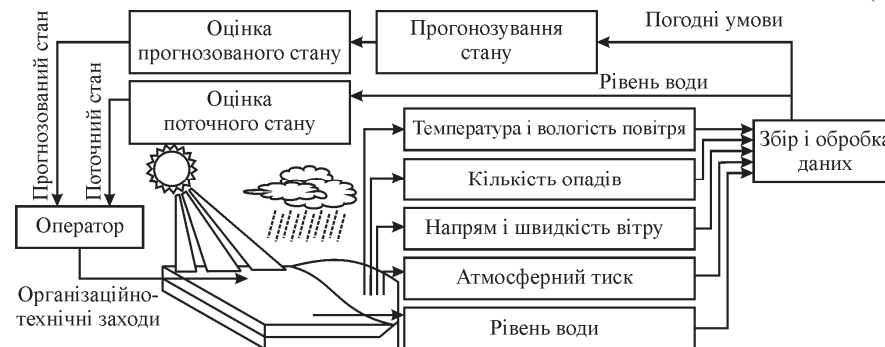


Рис. 3. Структурна схема системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень за результатами прогнозування рівня води в річках Прикарпаття

Враховуючи те, що хвиля паводка здебільшого рухається значно повільніше, ніж атмосферний фронт, давачі метеостанції розташовано у пунктах спостереження вище за течією річки. За результатами прогнозованого рівня річки система оцінює майбутній паводковий стан річки: "нормальний", "допустимий", "загрозливий", "катастрофічний", що дає змогу формувати рекомендації щодо ефективних заходів, які допоможуть запобігти виникненню катастрофічної ситуації.

Отже, синтезована комп'ютерна система автоматизує процес підтримки прийняття рішень під час керування об'єктами природокористування, а розроблені математичні моделі, що покладені в її основу, дають змогу здійснювати моделювання та прогнозування складних екологічних процесів. Саме залучення інтелектуальних технологій до математичного моделювання об'єктів природокористування дає змогу отримати адекватні моделі, а також значно зменшити об'єм обчислень. Ці обставини відкривають широкі можливості для побудови складних моделей не тільки екологічних явищ, але й технологічних процесів.

Впровадження автоматизованої системи безпосередньо в природокористування дасть змогу зменшити збитки від антропогенного та природного впливу на об'єкти природокористування та підвищити ефективність управління катастрофічними ситуаціями.

Література

1. Горбійчук М.І. Метод картографічного моделювання забруднення ґрунтів на основі теорії нейросетей / М.І. Горбійчук, М.А. Шуфнарівич // The third Planet from Sun: Modern Theories and Research Practice in the Field of Earth and Space sciences: Materials digest of the International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Earth and Space sciences, London, May 21-26, 2013. – London, 2013. – Pp. 131-135.
2. Горбійчук М.І. Метод оцінки стану ґрунтів з використанням fuzzy-технологій / М.І. Горбійчук, О.В. Пендерещький, М.А. Шуфнарівич // Восточно-европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. – 2008. – № 3/5(33). – С. 29-32.
3. Горбійчук М.І. Метод прогнозування рівня води у р. Дністер залежно від погодних умов / М.І. Горбійчук, М.А. Шуфнарівич // Восточно-европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. – 2013. – № 3/4 (63). – С. 13-19.
4. Горбійчук М.І. Computer system of monitoring and forecasting of water level rivers / М.І. Горбійчук, М.А. Shufnarovich // Journal of Hydrocarbon Power Engineering. – 2014. – Vol. 1, Issue 2. – Pp. 124-130.

Шуфнарівич М.А. Інтелектуальна підтримка прийняття рішень в умовах неопределенності при управлінні об'єктами природопользования

Актуальним питанням на сьогодні залишається збереження екологічно чистих територій, а також не менш важливим є питання прогнозування наводнень і паводків на території України. Для вирішення цього питання запропоновано метод моделювання стану ґрунтів, шляхом застосування штучних нейронних мереж, а також система інтелектуальної підтримки прийняття рішень по результатам прогнозування рівня води в реках. В основу комп'ютерної системи покладено спеціалізоване програмне забезпечення, засноване на методі побудови математичних моделей на принципах генетичних алгоритмів. Використання ідей генетичних алгоритмів к побудові математичних моделей дає можливість не тільки вибрати оптимальну по структурі адекватну модель, але й значно зменшити кількість обчислень при переборі моделей.

Ключевые слова: объект природопользования, управление экологическими процессами, математическое моделирование, прогнозирование, интеллектуальная поддержка принятия решений.

Shufnarovich M.A. The Intellectual Support of Decision-making in the Natural Resources Control under Uncertain Conditions

A topical issue is the preservation of ecologically clean areas, and no less important is the question of flood forecasting in Ukraine today. To address this issue we offer the method of modeling of soil through the application of artificial neural networks and the system of intellectual decision support based on the results of forecasting water levels in rivers. The computer system is based on the method of mathematical models building using genetic algorithms. The use of genetic algorithms ideas for building mathematical models makes it possible both to choose the optimal structure for an adequate model and also to significantly reduce the number of calculations when the models are iterated.

Keywords: objects of nature, management of environmental processes, mathematical modeling, forecasting, intellectual decision-making support.