

УДК 519.652:519.254

А.Я. Білецький, д-р техн. наук, проф.,
П.О. Приставка, канд. техн. наук, доц.

НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ДВОХ ЗМІННИХ ПОЛІНОМІАЛЬНИМ СПЛАЙНОМ НА ОСНОВІ В-СПЛАЙНІВ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ

Досліджено асимптотичні властивості локального поліноміального сплайна двох змінних на основі В-сплайнів третього порядку. Сформульовано та доведено відповідні теореми. Наведено приклад реалізації сплайна при опрацюванні даних.

Нехай маємо спостереження реалізації по характеристиках T, Q об'єкта дослідження, що є аргументами деякої $p = p(t, q)$ функції. Поставимо за мету знайти наближення $p(t, q)$ за масивом $\{(t_s, q_s), p_s; s=1, \bar{N}\}$. Зафіксуємо два розбиття $\Delta_{h_t}, \Delta_{h_q}$ осей спостереження точками $t_i = ih_t, (i \in Z)$ з кроком h_t і точками $q_j = jh_q, (j \in Z)$ з кроком h_q , відповідно до яких задається Δ_{h_t, h_q} розбиття площини спостереження. Отже, постає задача: на розбитті Δ_{h_t, h_q} знайти наближення функції $p(t, q)$ за масивом $\{(t_i, q_j), \bar{p}_{i,j}; i, j \in Z\}$, де (t_i, q_j) – внутрішня точка (i, j) -ї області, що є усередненням від значень p , вихідного масиву, кожне з яких належить області $\{(t_i - h_t, t_i), (q_j - h_q, q_j)\}$.

Двовимірним сплайном порядку m дефекту k ($1 \leq k \leq m$) за змінною t і порядку n дефекту l ($1 \leq l \leq n$) за q , щодо розбиття Δ_{h_t, h_q} , називають функцію $S(t, q) \in C^{m-k, n-l}$, яка на кожній ділянці розбиття Δ_{h_t, h_q} є алгебричним багаточленом ступенів m по t і n по q .

Згідно з роботою [1] поставимо відповідно до масиву значень $\bar{p} = \{\bar{p}_{i,j}, i \in Z, j \in Z\}$ локальний поліноміальний сплайн на основі В-сплайнів третього порядку:

$$S_{3,0}(p, t, q) = \sum_{i \in Z} \sum_{j \in Z} B_{3, h_t}(t - ih_t) B_{3, h_q}(q - jh_q) p_{i,j}, \quad (1)$$

де з точністю до аргументу [2]

$$B_{3, h_t}(t) = \frac{1}{48} \begin{cases} 0, & |t| \geq 2h_t; \\ (4 + 2t/h_t)^3, & t \in [-2h_t, -h_t]; \\ -3(2t/h_t)^3 - 12(2t/h_t)^2 + 32, & t \in [-h_t, 0]; \\ 3(2t/h_t)^3 - 12(2t/h_t)^2 + 32, & t \in [0, h_t]; \\ (4 + 2t/h_t)^3, & t \in [h_t, 2h_t] \end{cases}$$

Для значення функції $p(t, q)$ на (i, j) -му елементі розбиття

$$p_{i,j} = \bar{p}_{i,j} + \varepsilon_{i,j},$$

де $\varepsilon_{i,j}$ – похибка;

$$\bar{p}_{i,j} = \frac{1}{h_t h_q} \int_{(i-1)h_t}^{ih_t} \int_{(j-1)h_q}^{jh_q} p(t, q) dt dq, \quad i, j \in Z,$$

можемо записати

$$|p(t, q) - S_{3,0}(p, t, q)| \leq |p(t, q) - S_{3,0}(\bar{p}, t, q)| + \varepsilon \|S_{3,0}\|, \quad (2)$$

де $\varepsilon = \max_{i,j} \{\varepsilon_{i,j}\}$;

$$\|S_{3,0}\| = \sup_{|\varepsilon_i| \leq 1} \max_{t,q} |S_{3,0}(\varepsilon, t, q)|.$$

Отже, для визначення якості апроксимації функції $p(t, q)$ сплайном (1) постає задача оцінити кожен зі складників правої частини (2).

Теорема 1. Якщо $p(t, q) \in C^{3,3}$, то при $h_t \rightarrow 0$, $h_q \rightarrow 0$ рівномірно за t і q має місце асимптотична рівність

$$p(t, q) - S_{3,0}(\bar{p}, t) = -\frac{5h_t^2}{24} p''_{t^2}(t, q) - \frac{5h_q^2}{24} p''_{q^2}(t, q) - \frac{25h_t^2 h_q^2}{576} p^{(4)}_{t^2 q^2}(t, q) + O(h^4),$$

де $h = \max\{h_t, h_q\}$.

Доведення. Розглянемо розкладення функції $p(t, q) \in C^{3,3}$ у ряд Тейлора поблизу точки $((i-0,5)h_t; (j-0,5)h_q)$:

$$\begin{aligned} p(t, q) = & p(t^*, q^*) + p'_t(t^*, q^*)\tau + p'_q(t^*, q^*)\nu + \frac{1}{2} p''_{t^2}(t^*, q^*)\tau^2 + p''_{tq}(t^*, q^*)\tau\nu + \\ & + \frac{1}{2} p''_{q^2}(t^*, q^*)\nu^2 + \frac{1}{6} p'''_{t^3}(t^*, q^*)\tau^3 + \frac{1}{2} p'''_{t^2 q}(t^*, q^*)\tau^2\nu + \frac{1}{2} p'''_{tq^2}(t^*, q^*)\tau\nu^2 + \\ & + \frac{1}{6} p'''_{q^3}(t^*, q^*)\nu^3 + \frac{1}{6} p^{(4)}_{t^3 q}(t^*, q^*)\tau^3\nu + \frac{1}{6} p^{(4)}_{t^2 q^2}(t^*, q^*)\tau^2\nu^2 + \\ & + \frac{1}{6} p^{(4)}_{tq^3}(t^*, q^*)\tau\nu^3 + \frac{1}{12} p^{(5)}_{t^3 q^2}(t^*, q^*)\tau^3\nu^2 + \frac{1}{12} p^{(5)}_{t^2 q^3}(t^*, q^*)\tau^2\nu^3 + \\ & + \frac{1}{36} p^{(6)}_{t^3 q^3}(t^*, q^*)\tau^3\nu^3, \end{aligned}$$

де $t^* = (i-0,5)h_t$;

$$q^* = (j-0,5)h_q;$$

$$\tau = t - t^*;$$

$$\nu = q - q^*.$$

Розкладення сплайна $S_{3,0}(\bar{p}, t, q)$ у ряд Тейлора поблизу точки (t^*, q^*) має вигляд:

$$\begin{aligned} S_{3,0}(\bar{p}, t, q) = & S_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*) + S'_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^*} \tau + S'_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{q^*} \nu + \frac{1}{2} S''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^*} \tau^2 + \\ & + S''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{tq} \tau\nu + \frac{1}{2} S''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{q^*} \nu^2 + \frac{1}{6} S'''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^*} \tau^3 + \\ & + \frac{1}{2} S'''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^2 q} \tau^2\nu + \frac{1}{2} S'''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{tq^2} \tau\nu^2 + \frac{1}{6} S'''_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{q^3} \nu^3 + \\ & + \frac{1}{6} S^{(4)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^3 q} \tau^3\nu + \frac{1}{4} S^{(4)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^2 q^2} \tau^2\nu^2 + \frac{1}{6} S^{(4)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{tq^3} \tau\nu^3 + \\ & + \frac{1}{12} S^{(5)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^3 q^2} \tau^3\nu^2 + \frac{1}{12} S^{(5)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^2 q^3} \tau^2\nu^3 + \frac{1}{36} S^{(6)}_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*)_{t^3 q^3} \tau^3\nu^3, \end{aligned}$$

або з урахуванням розкладень у ряд Тейлора кожного зі складників та величин $\bar{p}_{i-1, j-1}$, $\bar{p}_{i-1, j}$, $\bar{p}_{i-1, j+1}$, $\bar{p}_{i-1, j+2}$, $\bar{p}_{i, j-1}$, $\bar{p}_{i, j}$, $\bar{p}_{i, j+1}$, $\bar{p}_{i, j+2}$, $\bar{p}_{i+1, j-1}$, $\bar{p}_{i+1, j}$, $\bar{p}_{i+1, j+1}$, $\bar{p}_{i+1, j+2}$, $\bar{p}_{i+2, j-1}$, $\bar{p}_{i+2, j}$, $\bar{p}_{i+2, j+1}$, $\bar{p}_{i+2, j+2}$:

(2)

$$\begin{aligned}
S_{3,0}(\bar{p}, t, q) = & p + \frac{5}{24} p''_t h_t^2 + \frac{5}{24} p''_q h_q^2 + \frac{25}{576} p^{(4)}_{t^2 q^2} h_t^2 h_q^2 + p'_t \tau + \frac{5}{24} p'''_t h_t^2 \tau + \frac{5}{24} p'''_{tq^2} h_t^2 \tau + \\
& + \frac{25}{576} p^{(5)}_{t^3 q^2} h_t^2 h_q^2 \tau + p'_q \nu + \frac{5}{24} p'''_{t^2 q} h_t^2 \nu + \frac{5}{24} p'''_q h_q^2 \nu + \frac{25}{576} p^{(5)}_{t^2 q^3} h_t^2 h_q^2 \nu + \frac{1}{2} p''_{t^2} \tau^2 + \\
& + \frac{1}{2} \frac{5}{24} p^{(4)}_{t^2 q^2} h_t^2 \tau^2 + p''_{tq} \tau \nu + \frac{5}{24} p^{(4)}_{t^3 q} h_t^2 \tau \nu + \frac{5}{24} p^{(4)}_{tq^3} h_t^2 \tau \nu + \frac{25}{576} p^{(6)}_{t^3 q^3} h_t^2 h_q^2 \tau \nu + \\
& + \frac{1}{2} p''_q \nu^2 + \frac{1}{2} \frac{5}{24} p^{(5)}_{t^2 q^2} h_t^2 \tau \nu^2 + \frac{1}{6} p'''_q \nu^3 + \frac{1}{6} \frac{5}{24} p^{(5)}_{t^3 q^2} h_t^2 \tau^3 + \frac{1}{2} p'''_{t^2 q} \tau^2 \nu + \\
& + \frac{1}{2} \frac{5}{24} p^{(5)}_{t^2 q^3} h_t^2 \tau \nu + \frac{1}{2} p'''_{tq^2} \tau \nu^2 + \frac{1}{2} \frac{5}{24} p^{(5)}_{t^3 q^2} h_t^2 \tau \nu^2 + \frac{1}{6} p'''_q \nu^3 + \frac{1}{6} \frac{5}{24} p^{(5)}_{t^2 q^3} h_t^2 \nu^3 + \\
& + \frac{1}{6} p^{(4)}_{t^3 q} \tau^3 \nu + \frac{1}{6} \frac{5}{24} p^{(6)}_{t^3 q^3} h_t^2 \tau^3 \nu + \frac{1}{4} p^{(4)}_{t^2 q^2} \tau^2 \nu^2 + \frac{1}{6} p^{(4)}_{tq^3} \tau \nu^3 + \frac{1}{6} \frac{5}{24} p^{(6)}_{t^3 q^3} h_t^2 \tau \nu^3 + \\
& + \frac{1}{12} p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau^3 \nu^2 + \frac{1}{12} p^{(5)}_{t^2 q^3} \tau^2 \nu^3 + \frac{1}{36} p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau^3 \nu^3 + O(h^4).
\end{aligned}$$

Тоді

$$\begin{aligned}
p(t, q) - S(\bar{p}, t, q) = & -\frac{5}{24} h_t^2 \left(p''_t + p'''_t \tau + p'''_{tq} \nu + p^{(4)}_{t^3 q} \tau \nu + \frac{1}{2} p^{(4)}_{t^2 q^2} \nu^2 + \frac{1}{2} p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau \nu^2 + \frac{1}{6} p^{(5)}_{t^2 q^3} \nu^3 + \right. \\
& \left. + \frac{1}{6} p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau \nu^3 \right) - \frac{5}{24} h_q^2 \left(p''_q + p'''_{tq^2} \tau + p'''_q \nu + \frac{1}{2} p^{(4)}_{t^2 q^2} \tau^2 + p^{(4)}_{tq^3} \tau \nu + \frac{1}{6} p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau^3 + \right. \\
& \left. + \frac{1}{2} p^{(5)}_{t^2 q^3} \tau^2 \nu + \frac{1}{6} p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau^3 \nu \right) - \frac{25}{576} h_t^2 h_q^2 \left(p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau + p^{(5)}_{t^2 q^3} \nu + p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau \nu \right) + O(h^4) = \\
& = -\frac{5}{24} h_t^2 p''_t(t, q) - \frac{5}{24} h_q^2 p''_q(t, q) - \frac{25}{576} h_t^2 h_q^2 p^{(4)}_{t^2 q^2}(t, q) + O(h^4),
\end{aligned}$$

де

$$\begin{aligned}
p''_t(t, q) &= p''_t + p'''_t \tau + p'''_{tq} \nu + p^{(4)}_{t^3 q} \tau \nu + \frac{1}{2} p^{(4)}_{t^2 q^2} \nu^2 + \frac{1}{2} p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau \nu^2 + \frac{1}{6} p^{(5)}_{t^2 q^3} \nu^3 + \frac{1}{6} p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau \nu^3; \\
p''_q(t, q) &= p''_q + p'''_{tq^2} \tau + p'''_q \nu + \frac{1}{2} p^{(4)}_{t^2 q^2} \tau^2 + p^{(4)}_{tq^3} \tau \nu + \frac{1}{6} p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau^3 + \frac{1}{2} p^{(5)}_{t^2 q^3} \tau^2 \nu + \frac{1}{6} p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau^3 \nu; \\
p^{(4)}_{t^2 q^2}(t, q) &= p^{(4)}_{t^2 q^2} + p^{(5)}_{t^3 q^2} \tau + p^{(5)}_{t^2 q^3} \nu + p^{(6)}_{t^3 q^3} \tau \nu,
\end{aligned}$$

розкладення у ряд Тейлора даних похідних функції $p(t, q) \in C^{3,3}$ поблизу точки (t^*, q^*) .

Теорему доведено.

Наслідок 1. При $h_t \rightarrow 0$, $h_q \rightarrow 0$ для $\forall p(t, q) \in C^{3,3}$ є вірним

$$\|p(t, q) - S_{3,0}(\bar{p}, t)\| = \frac{5h_t^2}{24} \|p''_t(t, q)\| + \frac{5h_q^2}{24} \|p''_q(t, q)\| + \frac{25h_t^2 h_q^2}{576} \|p^{(4)}_{t^2 q^2}(t, q)\| + O(h^4).$$

Проведемо оцінку норми сплайна (1).

Теорема 2. Для сплайна $S_{3,0}(p, t, q)$ є вірним

$$\|S_{3,0}\| = \|p\|.$$

Доведення. Розглянемо зображення $S_{3,0}(p, t, q)$ у вигляді:

$$\begin{aligned}
S_{3,0}(p,t,q) = & \frac{1}{2304} \left((1-x)^3 (1-y)^3 p_{i-1,j-1} + (1-x)^3 (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) p_{i-1,j} + \right. \\
& + (1-x)^3 (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) p_{i-1,j+1} + (1-x)^3 (1+y)^3 p_{i-1,j+2} + \\
& + (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (1-y)^3 p_{i,j-1} + \\
& + (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) p_{i,j} + \\
& + (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) p_{i,j+1} + \\
& + (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (1+y)^3 p_{i,j+2} + (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (1-y)^3 p_{i+1,j-1} + \\
& + (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) p_{i+1,j} + \\
& + (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) p_{i+1,j+1} + \\
& + (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (1+y)^3 p_{i+1,j+2} + \\
& + (1+x)^3 (1-y)^3 p_{i+2,j-1} + (1+x)^3 (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) p_{i+2,j} + \\
& \left. + (1+x)^3 (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) p_{i+2,j+1} + (1+x)^3 (1+y)^3 p_{i+2,j+2} \right),
\end{aligned}$$

$$\text{де } x = \frac{2}{h_t} (t - (i - 0,5)h_t), \quad |x| \leq 1;$$

$$y = \frac{2}{h_q} (q - (j - 0,5)h_q), \quad |y| \leq 1.$$

Тоді

$$\|S_{3,0}\| \leq \frac{1}{2304} \|p\| \max_{|x| \leq 1, |y| \leq 1} A(x, y),$$

де

$$\begin{aligned}
A(x, y) = & \left| (1-x)^3 (1-y)^3 \right| + \left| (1-x)^3 (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) \right| + \left| (1-x)^3 (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) \right| + \\
& + \left| (1-x)^3 (1+y)^3 \right| + \left| (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (1-y)^3 \right| + \\
& + \left| (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) \right| + \\
& + \left| (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) \right| + \left| (3x^3 - 3x^2 - 15x + 23) (1+y)^3 \right| + \\
& + \left| (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (1-y)^3 \right| + \left| (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) \right| + \\
& + \left| (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) \right| + \left| (-3x^3 - 3x^2 + 15x + 23) (1+y)^3 \right| + \\
& + \left| (1+x)^3 (1-y)^3 \right| + \left| (1+x)^3 (3y^3 - 3y^2 - 15y + 23) \right| + \\
& + \left| (1+x)^3 (-3y^3 - 3y^2 + 15y + 23) \right| + \left| (1+x)^3 (1+y)^3 \right|.
\end{aligned}$$

Враховуючи, що функція $A(x, y)$ парна, для знаходження її максимуму достатньо розглянути її для $x \in [0; 1]$, $y \in [0; 1]$. Для цих x, y , зважаючи, що вирази під знаком модуля більші нуля, маємо

$$\max_{x \in [0,1], y \in [0,1]} A(x, y) = 2304.$$

Отже,

$$\|S_{3,0}\| \leq \|p\|.$$

З іншого боку, для будь-якого частинного випадку:

$$\|S_{3,0}(p)\| \geq \|S_{3,0}(p^*)\|.$$

Тоді для $x = 0, y = 0$ маємо

$$S_{3,0}(\bar{p}, t^*, q^*) = \frac{1}{2304} (p_{i-1,j-1}^* + 23p_{i-1,j}^* + 23p_{i-1,j+1}^* + p_{i-1,j+2}^* + 23p_{i,j-1}^* + 529p_{i,j}^* + 529p_{i,j+1}^* + 23p_{i,j+2}^* + 23p_{i+1,j-1}^* + 529p_{i+1,j}^* + 529p_{i+1,j+1}^* + 23p_{i+1,j+2}^* + p_{i+2,j-1}^* + 23p_{i+2,j}^* + 23p_{i+2,j+1}^* + p_{i+2,j+2}^*).$$

Якщо

$$p_{i-1,j-1}^* = p_{i-1,j}^* = p_{i-1,j+1}^* = p_{i-1,j+2}^* = p_{i,j-1}^* = p_{i,j}^* = p_{i,j+1}^* = p_{i,j+2}^* = p_{i+1,j-1}^* = p_{i+1,j}^* = p_{i+1,j+1}^* = p_{i+1,j+2}^* = p_{i+2,j-1}^* = p_{i+2,j}^* = p_{i+2,j+1}^* = p_{i+2,j+2}^* = \|p\|,$$

то

$$\|S_{3,0}(p)\| \geq \|S_{3,0}(p^*)\| \geq |S_{3,0}(p^*, 0, 0)| = \|p\|,$$

а отже,

$$\|S_{3,0}\| = \|p\|.$$

Теорему доведено.

Наслідок 2. Для $\forall p(t, q) \in C^{3,3}$ має місце

$$\|p(t, q) - S_{3,0}(p, t)\| \leq \frac{5h_t^2}{24} \|p_{t^2}^*(t, q)\| + \frac{5h_q^2}{24} \|p_{q^2}^*(t, q)\| + \frac{25h_t^2 h_q^2}{576} \|p_{t^2 q^2}^{(4)}(t, q)\| + \varepsilon \|p\| + O(h^4). \quad (3)$$

З наведених теорем випливає, що розглянутий сплайн має високі апроксимаційні властивості (3). Легкість реалізації обчислювальних схем, побудованих на основі сплайна (1), дає право рекомендувати його для використання при побудові різного роду поверхонь за даними спостережень. У цьому разі розглядаються дві задачі, що можуть бути розв'язані: згладжування даних та поповнення даних. Якісне розв'язання першої задачі забезпечується асимптотичними властивостями сплайна, другої – за рахунок того, що сплайн (1) є аналітичним зображенням наближення функції спостережень. Розглянемо приклад застосування сплайна при побудові реалістичної моделі земної поверхні. На реальній місцевості розміром 6×6 км з кроком $0,1$ км знімалися значення відмітки над рівнем моря (рис.1). Застосування сплайна проводилося так, щоб одержати значення рівня земної поверхні кожних $0,01$ км (рис. 2).

Порівняльний візуальний та кількісний аналіз макетів місцевості засвідчує адекватність підходу за використанням зазначеного локального поліноміального сплайна на основі В-сплайнів третього порядку.

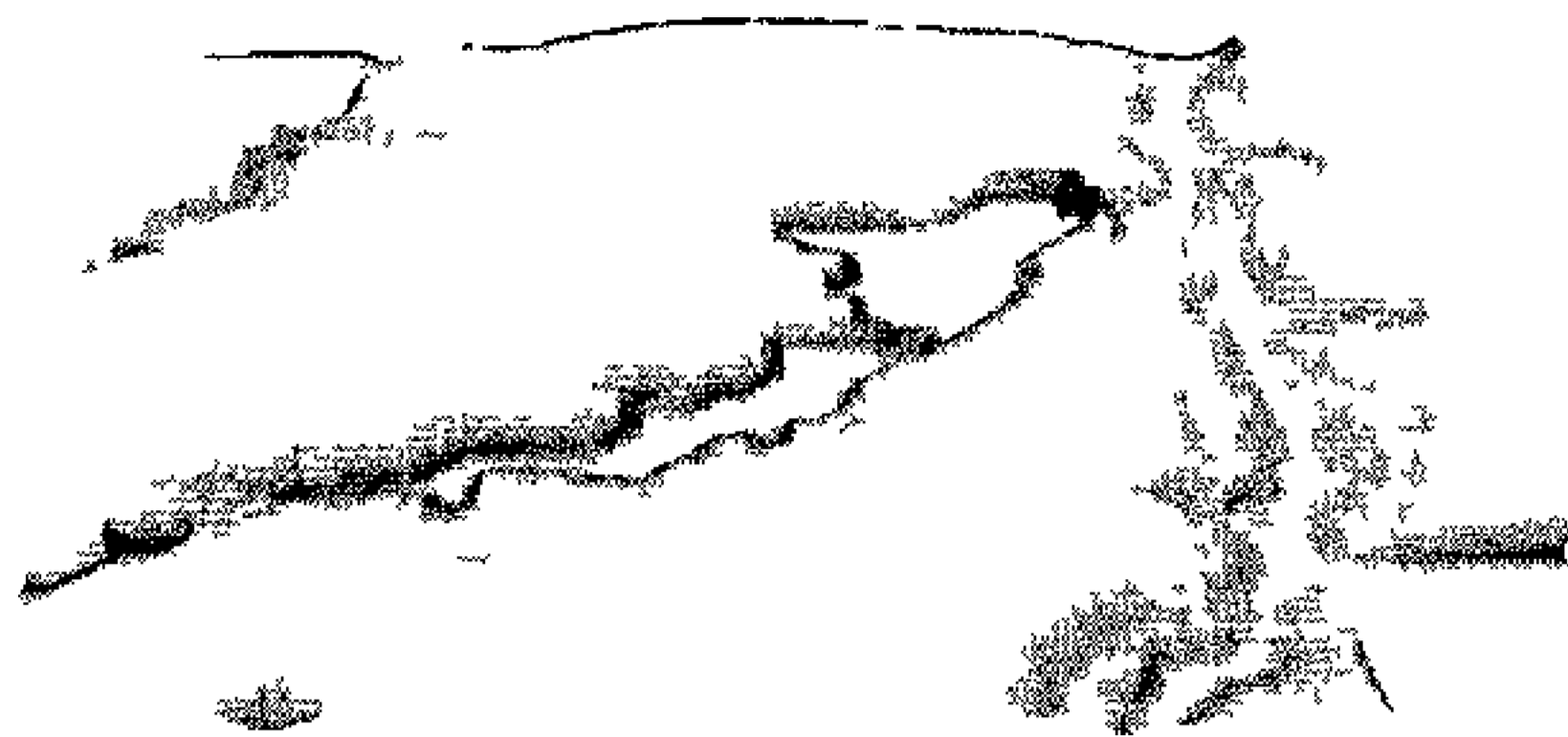


Рис. 1. Макет місцевості

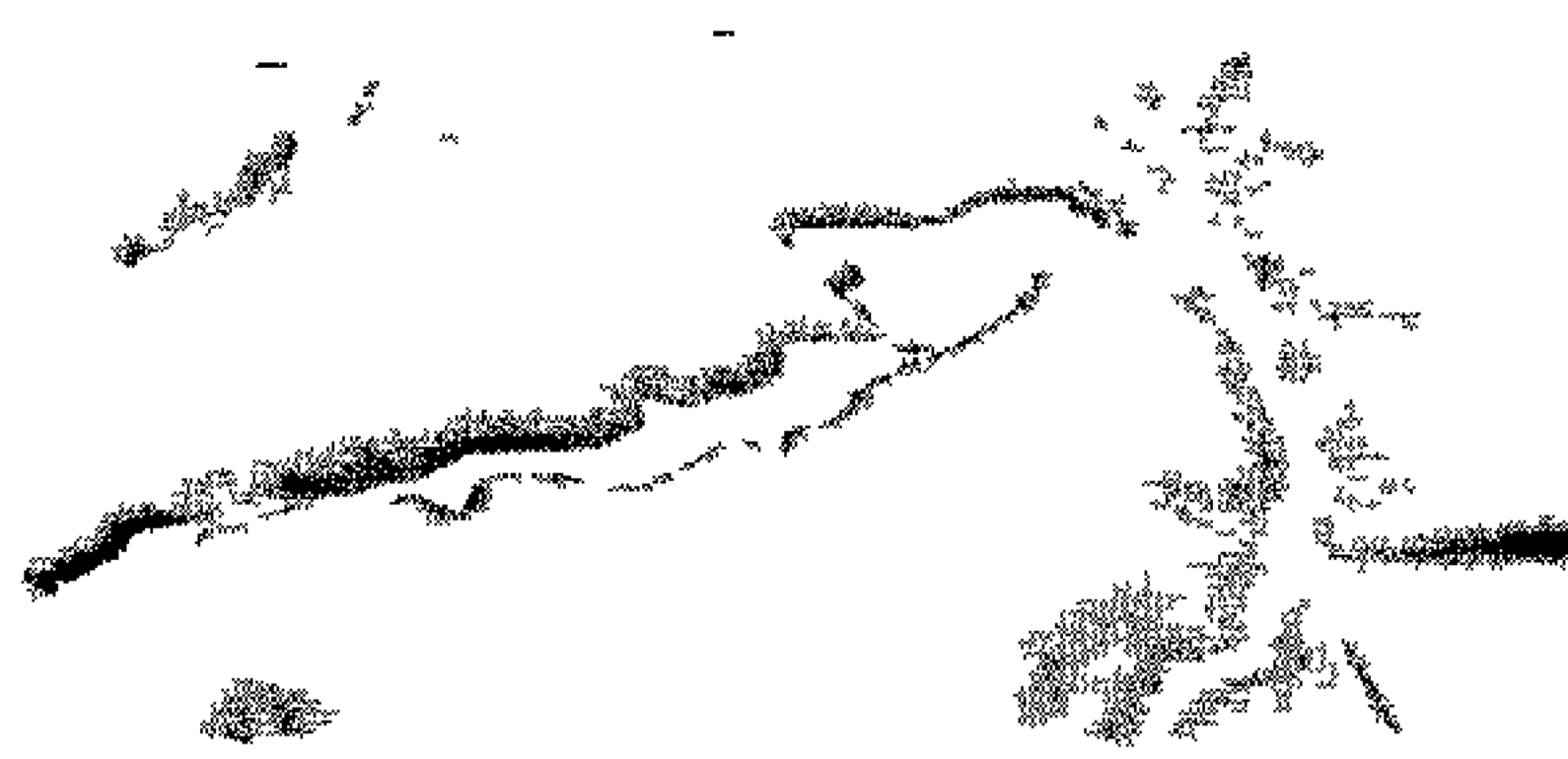


Рис. 2. Макет місцевості після згладжування та поповнення даних сплайном

Список літератури

1. Приставка П.О. Застосування поліноміальних сплайнів двох змінних на основі В-сплайнів при опрацюванні результатів спостережень // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – Дніпропетровськ : Навч. кн. – 2000. – Т.3. – С. 144–151.
2. Лигун А.А., Шумейко А.А. Асимптотические методы восстановления кривых. – К.: ІМ НАН України, 1996. – 358 с.

Стаття надійшла до редакції 05.03.02.

УДК 629.7.072.8:681.3

Л.М. Блохін, д-р техн. наук, проф.,
С.В. Держак, канд. техн. наук

СТРУКТУРНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА ЗА ДАНИМИ НАТУРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Розглянуто задачу структурної ідентифікації динаміки багатовимірного об'єкта, яка дає можливість скласти основні положення методики обчислень оптимальних оцінок динамічних характеристик багатовимірного об'єкта і діючого на нього зовнішнього збурення за даними експерименту в штатних режимах експлуатації.

Алгоритми структурної ідентифікації динаміки багатовимірного об'єкта дають можливість скласти основні положення методики обчислень оптимальних оцінок динамічних характеристик багатовимірного об'єкта БМ і діючого на нього зовнішнього збурення за даними експерименту в штатних режимах експлуатації.

Для структурної ідентифікації сигнали повинні вимірюватися так, щоб за результатами вимірювань можна було б оцінювати кожний з основних блоків БМ як розімкнений елемент. У сталих режимах руху всі обумовлені сигнали і перешкоди доцільно вважати випадковими стаціонарними процесами і їх реєстрація повинна проводитися з урахуванням можливості їх подальшої статистичної обробки.

Етап визначення статистичних характеристик сигналів контура керування будемо називати етапом первинної обробки сигналів. Виконання етапу первинної статистичної обробки на ЕОМ можливе при наявності відповідних програм.

Маючи динамічні характеристики сигналів і використовуючи алгоритми розв'язання задачі ідентифікації, можна приступити до етапу повторної обробки, тобто розв'язанню задачі ідентифікації.

При використанні запропонованих спектральних алгоритмів ідентифікації в рішенні практичних задач ідентифікації необхідні такі етапи робіт:

- підготовка об'єкта ідентифікації, відповідних вимірювальних і обчислювальних систем до експерименту і проведення експерименту для ідентифікації;
- первинна обробка вхідних і вихідних сигналів об'єкта (рис. 1) для складання матриць спектральної і взаємної спектральної щільності сигналів, що вимірюються, в тому числі