รายการอ้างอิง

[1] Motard, R. L., and Joseph, B., "Wavelet applications in chemical engineering," Kluwer Academic Publishers, 1994.

[2] Pati, Y. C., and Krishnaprasad, P. S., "Approximation of stable linear systems via rational wavelets," Proc. IEEE Conf. Dec. and Cont., Vol. 2, pp. 1502-1507, 1992.

[3] Elias-Juarez, A., and Kantor, J. C., "On the application of wavelets to model predictive control," American Cont. Conf., 1992.

[4] Lee, J. H., Chikkula, Y., Yu, Z. H., and Kantor, J.C., "Improving the computational efficiency of the model predictive control algorithm using the wavelet transformation," Int. Jour. Cont., 1992.

[5] Zhang, Q., and Benveniste, A., "Wavelet networks," IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 3, Issue 6, pp. 889-898, 1992.

[6] Bakshi, R., and Stephanopoulos, G., "Wave-Net: a multiresolution, hierarchical neural networks with localized leaning," Vol. 39. Issue 1. AIChE J. pp. 57-81, 1993.

[7] Young, R. K., "Wavelet theory and its applications," Kluwer Academic Publishers, 1994.

[8] Daubechies, I., "Ten lectures on wavelets," SIAM, 1992.

[9] Jacobs, R. A., "Increased rates of convergence through learning rate adaptation," neural networks 1, 1988.

[10] มนชัย อัศวรุ่งเรืองโชติ, "การประยุกต์เครือข่ายนิวรอลในการชดเชยแบบปรับตัวโดยตรงของแขนกล", กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

[11] Åström, K. A., and Wittenmark, B., "Adaptive control," Addison Wesley Publishing Co., Inc., 2nd ed., 1995.

[12] Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., and Shetty, C. M., "Nonlinear programming: theory and algorithms," 2nd ed. USA.: John Wiley & Sons, Inc., 1993.

[13] Birch, M., and Whiteley, K., "A knowledge base approach to the specification of real time system requirements," Second International Conference on Software Engineering for Real Time Systems. pp. 21-25, 1989.

[14] Haesloop, D., and Holt, B. R., "Neural networks for process identification," IJCNN, Vol. 3, pp. 429-434, 1990.

[15] Hoskins, J. C., Kaliyur, K. M., and Himmelblau, D.M., "Insipient fault detection and diagnosis using artificial neural networks," IJCNN, Vol. 1, pp. 81-86, 1990.

[16] Leonard, J. A., and Kramer, M. A., "Diagnosing dynamic faults using modular neural nets," IEEE Expert, Vol. 8, Iss. 2, pp. 44-53, 1993.

[17] Ogata, K., "Modern control engineering," 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.,1990.

[18] Pati, Y. C., Rezaiifar, R., and Krishnaprasad, P. S., "A fast recursive algorithm for system identification and model reduction using rational wavelets," Conf. Sig., Syst. and Comp., Vol. 1, pp. 35-39, 1993.

[19] Psichogios, D. C., and Ungar, L. H., "Nonlinear internal model control and model predictive control using neural networks," Proc. 5th IEEE, pp. 1082-7, 1990.

[20] Rico-Martinez, R., Kevrekidis, I. G., and Adomaitis, R. A., "Noninvertibility in neural networks," IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. 1, pp. 382-386, 1993.

[21] Watanabe, K., and Hirota, S., "Incipient diagnosis of multiple faults in chemical processes via hierarchical artificial neural network," IEEE Proc. IECON, Vol. 2, pp. 1500-1505, 1991.

ภาคผนวก

วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์

ต่อไปจะได้กล่าวถึงวิธีการปรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ โดยจะกล่าวถึงการหาจุดต่ำสุดด้วยวิธี Extended Davies-Swan-Compey (EDSC) ซึ่งเป็นวิธีการที่ปรับมาจาก Davie-Swan-Compey จากนั้นจะกล่าวถึงวิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ในขณะใช้งาน ซึ่งจะมีทั้งวิธีการปรับแบบโมเมนตัม (Momentum) และเดลต้าบาร์เดลต้า (Delta Bar Delta: DBD)

การหาจุดต่ำสุดด้วยวิธี EDSC

วิธี EDSC นั้นเป็นวิธีการหาจุดต่ำสุดที่ได้รับการปรับปรุงมาจาก DSC ซึ่งเป็นการค้นหาค่าต่ำสุดใน 1 มิติ (Unidimensional search) ชนิดหนึ่งที่มีกระบวนการต่างไปจาก Golden Search, Bi-Sectional Search, หรือ ฯ วิธี DSC นั้นมีกระบวนการดังนี้

ให้ x_i เป็นจุดเริ่มต้นและ h เป็นความยาวก้าวเริ่มต้น

1) ตัดสินใจว่าจะก้าวไปข้างหน้าหรือถอยหลัง โดยคำนวณ $x_{i+1} = x_i + h$
   - ถ้า $f(x_{i+1}) \le f(x_i)$ ไปยัง 2)
   - ถ้า $f(x_{i+1}) > f(x_i)$ ให้สลับค่าของ x_i กับ x_{i+1},แทน h ด้วย $-2 \cdot h$ แล้วไปยัง 3)

2) แทน h ด้วย $2 \cdot h$

3) แทน i ด้วย $i+1$ แล้วคำนวณ $x_{i+1} = x_i + h$
   - ถ้า $f(x_{i+1}) \le f(x_i)$ ไปยัง 2)
   - ถ้า $f(x_{i+1}) > f(x_i)$ แสดงว่าเลยจุดต่ำสุดแล้ว ให้เรียก x_{i+1} เป็น x_m, x_i เป็น x_{m-1}, และ x_{i-1} เป็น x_{m-2}

4) ก้าวถอยหลัง หลังจากเลยจุดต่ำสุดแล้ว โดยแทน h ด้วย $-h/2$ แล้วแทน i ด้วย $i+1$ จากนั้นให้ $x_{i+1} = x_i + h$ โดยเรียก x_{i+1} เป็น x_{m+1}

5) จาก x_{m-2}, x_{m-1}, x_m และ x_{m+1} ทั้ง 4 จุดต้องตัดจุดหนึ่งทิ้งไปโดยที่ยังมีวงล้อมจุดต่ำสุดอยู่ ดังนี้

- ถ้า $f(x_{m-1}) \geq f(x_{m+1})$ ให้ตัด x_{m-2} ทิ้งแล้วเรียก x_{m-1} เป็น x_a, เรียก x_{m+1} เป็น x_b และเรียก x_m เป็น x_c แล้วไปยัง 6)
- ถ้า $f(x_{m-1}) < f(x_{m+1})$ ให้ตัด x_m ทิ้งแล้วเรียก x_{m-2} เป็น x_a, เรียก x_{m-1} เป็น x_b และเรียก x_{m+1} เป็น x_c

6) สร้าง quadratic polynomial $p(x) = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$ ให้ผ่านพิกัด $(x_a, f(x_a))$, $(x_b, f(x_b))$ และ $(x_c, f(x_c))$ จากนั้นหาจุดต่ำสุดของโพลิโนเมียล $p(x)$ จาก $\dfrac{dp}{dx} = 0$ สมมุติให้คำตอบที่ได้เป็น x_p^* ซึ่งจะได้ค่าใกล้เคียงกับ x^*

7) ให้ x_p^* เป็นค่าเริ่มต้นและให้ h มีค่าน้อยลงแล้วทำซ้ำตั้งแต่ 1) ถึง 6) และหยุดเมื่อ $|x_a - x_c| \leq \varepsilon$

ในส่วนของ EDSC นั้น เป็นการแก้ไขข้อบกพร่องของ DSC นั่นคือการค้นหาที่มีค่าความยาวก้าวเริ่มต้นสูงเกินไป อันจะทำให้ได้ตำแหน่ง x_p^* ที่ผิดพลาด โดยมีกระบวนการเพิ่มเติมดังรูปที่ ผ-1

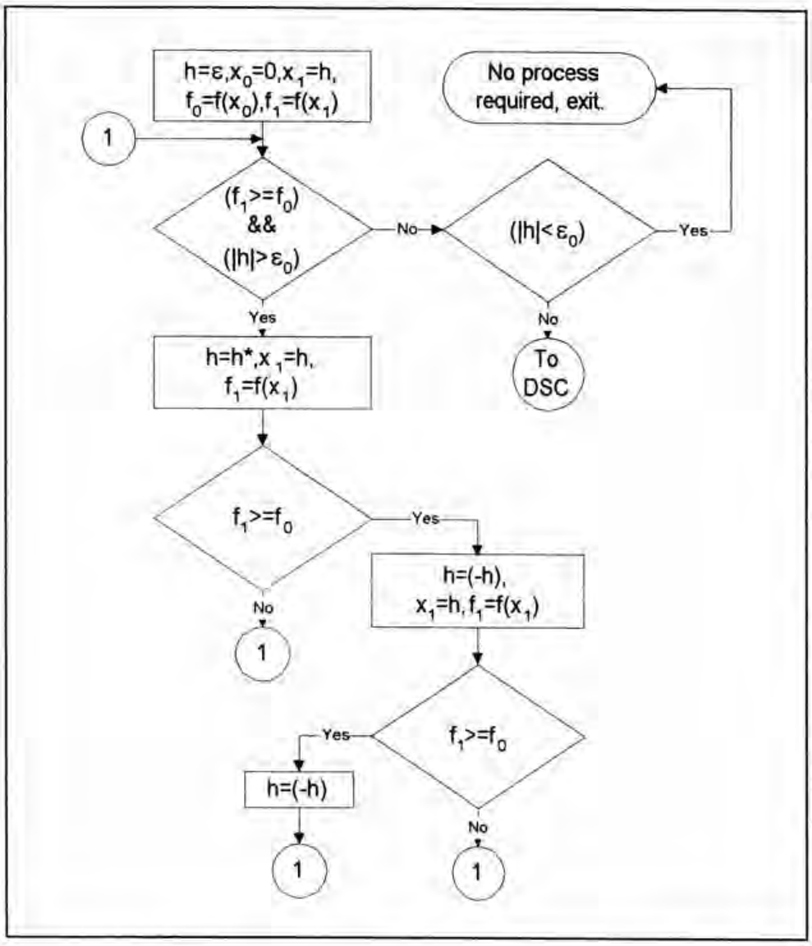
วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ในขณะใช้งาน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเสนอวิธีการปรับพารามิเตอร์ในขณะใช้งาน 2 แบบ คือ โมเมนตัม และ DBD เนื่องจากวิธีการออปติไมเซชั่นโดยทั่วไปนั้นจำเป็นต้องมีการคำนวณฟังก์ชันต้นทุนอยู่บ่อยครั้ง ยิ่งวิธีที่ใช้การค้นหาใน 1 มิติ (unidimensional search) ก็ยิ่งต้องคำนวณฟังก์ชันต้นทุนหลายครั้งขึ้น ทำให้ไม่สะดวกอย่างมากในการใช้งาน และในบางครั้งยังทำให้เสียเวลาในการคำนวณดังกล่าว ส่วนวิธีโมเมนตัมและ DBD นี้จะมีการคำนวณเพียงทิศทางที่จะใช้ในการปรับพารามิเตอร์ซึ่งได้จากการคำนวณเกรเดียนท์ (gradient) เท่านั้น ดังนั้นทั้งสองวิธีจึงเป็นวิธีที่มีการคำนวณเฉพาะค่าอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง (first derivative) ซึ่งจะกล่าวถึงดังนี้

1. วิธีโมเมนตัม

กำหนดให้การปรับพารามิเตอร์ θ จากเวลาชักตัวอย่างที่ k ไปสู่เวลา $k+1$ เป็น

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \Delta\theta(k) \qquad \text{(ผ-1)}$$



รูปที่ ผ-1 แสดงแผนภูมิกระบวนการ EDSC

โดยที่ $\Delta\theta(k)$ นั้น หาจาก

$$\Delta\theta(k) = -(1-\alpha)\cdot\varepsilon\cdot\frac{\partial J_{On-line}(k)}{\partial\theta(k)} + \alpha\cdot\Delta\theta(k-1) \qquad \text{(ผ-2)}$$

วิธีนี้พบว่ามีค่าคงที่อยู่ 2 ตัวคือ ε เป็นค่าความยาวก้าว (step size หรือ learning rate), และ α เป็นค่าโมเมนตัม ซึ่งจะเป็นค่าสัดส่วนของผลจากการปรับพารามิเตอร์ θ ในช่วงเวลาชักตัวอย่างครั้งก่อน และถ้า α เป็น 0 วิธีนี้ก็จะกลายเป็นวิธีเกรเดียนท์ (Gradient Method) นั่นเอง

2. วิธี DBD

สำหรับวิธี DBD นั้น ค่าความยาวก้าวจะมีค่าไม่คงที่ และพารามิเตอร์ทุกตัวจะมีค่าความยาวก้าวเป็นของตัวเอง ซึ่งค่าความยาวก้าวจะขึ้นอยู่กับทิศทางของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของฟังก์ชันต้นทุน ณ เวลาชักตัวอย่างที่ติดกัน การคำนวณมีดังนี้

กำหนดให้ $\theta_i(\bullet)$ เป็นพารามิเตอร์ตัวที่ i ของโครงข่ายและ $\varepsilon_i(\bullet)$ เป็นค่าความยาวก้าวสำหรับพารามิเตอร์ตัวที่ i การปรับค่าพารามิเตอร์เป็นดังนี้

$$\theta_i(k+1) = \theta_i(k) - \varepsilon_i(k+1) \cdot \frac{\partial J_{On-line}(k)}{\partial \theta_i(k)} \tag{ผ-3}$$

$\varepsilon_i(k+1)$ นั้น ได้จาก

$$\varepsilon_i(k+1) = \varepsilon_i(k) + \Delta\varepsilon_i(k) \tag{ผ-4}$$

$\Delta\varepsilon_i(k)$ ขึ้นกับทิศทางของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งดังนี้

$$\Delta\varepsilon_i(k) = \begin{cases} K & ;\text{if } \bar{\delta}(k-1)\cdot\delta(k) > 0 \\ -\phi\cdot\varepsilon_i(k) & ;\text{if } \bar{\delta}(k-1)\cdot\delta(k) < 0 \\ 0 & ;\text{otherwise} \end{cases} \tag{ผ-5}$$

โดยที่

$$\delta(k) = \frac{\partial J_{On-line}(k)}{\partial \theta(k)} \tag{ผ-6}$$

และ

$$\bar{\delta}(k) = (1-\lambda)\cdot\delta(k) + \lambda\cdot\bar{\delta}(k-1) \tag{ผ-7}$$

จากสมการ (ผ-5) ถึง (ผ-7) เห็นได้ว่าวิธีนี้มีค่าคงที่อยู่ 3 ตัวคือ K, ϕ, และ λ

อย่างไรก็ดี ค่าคงที่จากทั้งสองวิธีจะมีผลต่อการลู่เข้า (convergence) ของฟังก์ชันต้นทุนเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้ากำหนดให้ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดภาวะไม่มีเสถียรภาพขึ้นได้

ประวัติผู้เขียน

นาย ชัยภัทร์ ตันสกุล เกิดเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2515 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2537 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาระบบควบคุม ณ สถาบันเดียวกัน ระหว่างปีการศึกษา 2537 ถึง 2540