บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเพื่อการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น การใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเฝ้าระวังทางการเกษตร โดยอาศัยการเก็บข้อมูลทางกายภาพภายในแปลงเกษตรจากโหนดเซ็นเซอร์ไร้สายซึ่งถูกวางในตำแหน่งต่างๆกันในไร่หรือแปลงเกษตร และส่งข้อมูลกลับมาที่สถานีฐานผ่านการสื่อสารวิทยุระยะสั้น ในกรณีที่แปลงเกษตรมีขนาดใหญ่ ข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ไร้สายจะถูกส่งผ่านโหนดเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งจะทำการส่งต่อข้อมูลภายในเครือข่ายในลักษณะนี้จนข้อมูลถูกนำส่งถึงสถานีฐาน เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยโหนดเซ็นเซอร์หลายโหนดซึ่งมีขนาดเล็กและราคาถูก เครือข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายมีข้อจากัดหลายอย่าง เช่น หน่วยความจำ, ความกว้างแถบความถี่ (แบนด์วิธ), อัตราการส่งข้อมูลต่ำ, แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน, และความสามารถเชิงประมวลผล เป็นต้น ข้อจากัดของอุปกรณ์เหล่านี้ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการตรวจจับ ความผิดปกติของตัวตรวจรู้ และสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตได้ นอกจากนี้ข้อจากัดด้านแหล่งพลังงานในเครือข่ายตัวตรวจรู้ไร้สาย ต้องการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด เนื่องจากการส่งข้อมูลในเครือข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายนั้น ใช้พลังงานมากกว่ากระบวนการในการประมวลผล และ การคำนวณข้อมูลที่มีขนาดเล็กจะใช้พลังงานน้อยกว่าการคำนวณข้อมูลขนาดใหญ่ด้วย

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะผสมผสานการทางานระหว่าง การบีบอัดข้อมูลด้วย Discrete Wavelet Transform (DWT) และ Lifting Wavelet Transform (LWT) ร่วมกับ การตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลโดยใช้ One-Class Support Vector Machine (OCSVM)

วิธีการแรกที่นำเสนอในการวิจัยนี้ คือ OCSVM + DWT เมื่อนาไปเปรียบเทียบกับวิธีการก่อนหน้านี้ที่ถูกนาเสนอมาแล้ว เช่น Self-Organizing Map (SOM) + DWT พบว่า OCSVM + DWT สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดปกติได้ สำหรับการทดลองกับข้อมูลสังเคราะห์ พบว่า OCSVM + DWT ที่เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ต่ำ มีอัตราความถูกต้องในการตรวจจับความผิดปกติถึง 100% ในขณะที่อัตราความผิดพลาดในการตรวจจับข้อมูลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ และในการทดลองกับชุดข้อมูลจริงพบว่า OCSVM + DWT ที่เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ต่ำ ทางานได้ดีที่สุด โดยมีอัตราความถูกต้องในการตรวจจับความผิดปกติสูงถึงเกือบ 100% แม้ว่าในการทดลองกับข้อมูลที่มีความผิดปกติแบบ Short หรือ Noise จะให้อัตราการ

ตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดสูงกว่าวิธีการอื่น ๆ ก็ตาม จากการทดลองจะเห็นว่า OCSVM + DWT ที่เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ต่ำ เหมาะกับการตรวจจับข้อมูลที่มีความผิดปกติแบบ Short หรือ Noise เป็นองค์ประกอบ ในขณะที่ SOM + DWT ที่เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ต่ำ เหมาะกับการตรวจจับข้อมูลที่มีความผิดปกติแบบ Constant เป็นองค์ประกอบ

อีกวิธีการหนึ่งที่นาเสนอในงานวิจัยนี้ คือ OCSVM + LWT ซึ่งจะถูกนาไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทางานกับวิธีการอื่น ซึ่งได้แก่ OCSVM + DWT และ OCSVM + Principal Component Analysis (PCA) สำหรับการทดลองกับข้อมูลสังเคราะห์และข้อมูลจริงที่มีความผิดปกติแบบ Short เป็นองค์ประกอบ พบว่า OCSVM + LWT มีประสิทธิภาพการทางานใกล้เคียงกับ OCSVM, OCSVM + DWT และ OCSVM + PCA สำหรับการทดลองกับข้อมูลสังเคราะห์และข้อมูลจริงที่มีความผิดปกติแบบ Noise และ Constant เป็นองค์ประกอบ พบว่า OCSVM + LWT และ OCSVM + DWT ที่เลือกใช้สัมประสิทธิ์ความถี่ต่ำ มีประสิทธิภาพการทางานที่ดีกว่า OCSVM และ OCSVM + PCA ในทางกลับกัน OCSVM + LWT และ OCSVM + DWT ที่เลือกใช้สัมประสิทธิ์ความถี่สูง มีประสิทธิภาพการทางานที่แย่ที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า LWT มีความต้องการที่น้อยกว่า DWT ในแง่ของหน่วยความจำที่ใช้งาน และเวลาในการคำนวณ และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า OCSVM + LWT เหมาะที่จะนำไปติดตั้งเครือข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายมากกว่าวิธีการอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว

งานวิจัยนี้ยังได้ทำการประยุกต์ใช้ในการตรวจจับความผิดปกติของชุดข้อมูลจริงจากโรงปุ๋ยชีวภาพ (bioorganic fertilizer plant หรือ BOF) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยได้มีการพัฒนาชุดอุปกรณ์ต้นแบบเซ็นเซอร์โหนดไร้สายและมีการส่งค่าความชื้นและอุณหภูมิของดินไปยังสถานีฐานอย่างต่อเนื่อง และมีการนำข้อมูลผ่านการประมวลผลแบบ DWT และใช้ SOM ในการตรวจจับความผิดปกติในข้อมูล โดยพบว่าอัลกอริทึมที่ได้นำเสนอที่ประกอบด้วยเวฟเลตแม่แบบฮาร์ (Haar) ที่มีการใช้สัมประสิทธิ์ต่ำผ่านนั้นมีค่าการแจ้งเตือนจริง 95% โดยที่อัลกอริทึมที่นำเสนอนั้นมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่าอัลกอริทึม SOM และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึม DWT ถึง 75%

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมที่ได้นำเสนอสามารถรักษาค่าการตรวจจับความผิดปกติจริงที่ยอมรับได้ ในขณะที่ใช้ข้อมูลป้อนเข้าเพียงครึ่งเดียว (ด้วยการใช้ DWT level 1)

Abstract

Nowadays wireless communication technologies have been applied to enhance yield in agriculture. One such application is the use of wireless sensor networks (WSNs) for agriculture monitoring which collects physical measurements from the environment through wireless sensor nodes embedded at various locations in the field. The collected data are then transmitted back to the base station through short wave communication. In scenarios of large crop fields, such data are velayed hop-by-hop within the network to the base station. A WSN is a network composed of several small lowcost sensor nodes. Wireless sensor networks (WSNs) have many limitations such as memory, bandwidth, low-rate radio communication, energy supply and consumption, and computational capabilities. These limitations can affect the sensor node ability to detect anomalies and can damage produce. Furthermore, the battery supply limitations in WSNs require minimal energy consumption. Since radio communication in WSNs consume more energy than processing and computing, computation with small datasets is likely to consume less energy than a large dataset.

Therefore, this research is focused on incorporating the discrete wavelet transform (DWT) and lifting wavelet transform (LWT) data compression schemes with one-class support vector machine (OCSVM) anomaly detection.

Our first proposed algorithm (OCSVM + DWT) was compared with a previous algorithm i.e., self-organizing map (SOM) + DWT. We found the OCSVM + DWT can increase the efficiency of anomaly detection. For synthetic data, the OCSVM + DWT with low-pass coefficients (LP) achieved 100% detection rate (DR) with marginal increase in false positive rate (FPR) when compared with all other algorithms. For real world datasets, the OCSVM + DWT with LP coefficients performed best by achieving nearly 100% DR although with slightly higher FPR for datasets containing short and noise faults. These results suggest that OCSVM + DWT (LP) algorithm is suited for short and noise faults whereas SOM + DWT (LP) is suited for short and constant faults.

Our second proposed algorithm (OCSVM + LWT) was compared with other variants of integration such as OCSVM + DWT and OCSVM + principal component analysis (PCA) and OCSVM alone (with uncompressed data). For synthetic data and real world datasets with short faults, the OCSVM + LWT performed equally well as the OCSVM alone, OCSVM + DWT and OCSVM + PCA. For synthetic data and real world datasets with noise and constant faults, the OCSVM + LWT [LP] and the OCSVM + DWT [LP] gave better performance than the OCSVM alone and OCSVM + PCA. On the contrary the OCSVM + LWT [HP] with high-pass coefficients and the OCSVM + DWT [HP] gave the worst performance. It was also demonstrated that LWT was less demanding in terms of memory requirement and computation time than DWT. Our results therefore suggest that OCSVM + LWT was more suitable for implementation in WSNs.

This research has also implemented a prototype for datasets collected from a bioorganic fertilizer (BOF) plant in Suranaree University of Technology. The measured parameters include the soil moisture and temperature which were continuously measured and transmitted to the base station. The data collected were processed with DWT and SOM anomaly detection was used. The results showed that the proposed algorithm with Haar as a mother wavelet using low pass coefficients can attain 95% of true alarm rates. Our proposed algorithm also performed as equally well as the SOM algorithm and outperformed the DWT algorithm by up to 75%.

The results showed that our proposed algorithm can maintain acceptable anomaly detection accuracy while using just half of the input data (using level 1 DWT).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี