



Real-Time Flood Warning System Development Using Computer Vision Method

Sivone CHOUALUEHER^{*1}, Kalaphath KOUNLAXAY², Souphilack SAYCOCIE³,
Vinath MEKTHANAVANH⁴, Somsack VANGCHANGYIA⁵

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Souphanouvong University, Lao PDR

Abstract

The purpose of this research is to develop a system for monitoring river water levels and sending real-time flood warnings via a Telegram bot with images and text. This information is sent to residents and business owners in flood-risk areas, as well as to flood management officials, in advance. The system allows them to prepare and prevent potential flooding. The system was implemented for the experiment at the Mekong riverbank in Luang-Prabang city by utilizing a computer vision algorithm to process images from a Hikvision ColorVu CCTV IP camera to monitor water level changes at the staff gauge with three colored warning zones, such as the green zone (safe zone), the yellow zone (watch zone), and the red zone (danger zone). Such monitoring is achieved through image processing by color detection and color segmentation to determine the water level position. The system then sends alerts to subscribed users via a Telegram Channel using the internet connection from a 4G smartphone hotspot. Experimental results indicated that the system can successfully monitor water level changes along the Mekong riverbank and automatically send flood warnings in real-time in both daytime and nighttime via the Telegram bot with an accuracy of 85.39% and a warning delivery time of less than 1 minute.

Keywords: flood management, real-time flood warning system, computer vision, color detection, water level detection

* Correspondence: Sivone

CHOUALUEHER, Department of
Computer Engineering, Faculty of
Engineering Souphanouvong
University, Tel: +856 20 9591 1189,
E-mail: sivoneher@su.edu.la

Article Info:

Submitted: November 20, 2025

Revised: December 10, 2025

Accepted: December 18, 2025

1. ພາກສະເໜີ

ນ້ຳຖ້ວມ ເປັນໄພທຳມະຊາດຕົ້ນຕໍໃນ ສປປ ລາວ ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນ ທຸກປີຕາມລະດູການ ໂດຍສະເພາະໃນຊ່ວງລະດູມໍລະສຸມຕາເວັນຕົກ ສຽງໃຕ້ ຕັ້ງແຕ່ເດືອນກໍລະກົດ ຫາ ເດືອນກັນຍາ ເນື່ອງຈາກມີຝົນຕົກ ຫັກ ແລະ ຕົກຕໍ່ເນື່ອງເປັນເວລາຍາວ ຈາກລົມພາຍຸໃຕ້ຝຸ່ນທີ່ເກີດຂຶ້ນ ເລື້ອຍໆ ແລະ ມີຄວາມຮຸນແຮງຂຶ້ນ ເຮັດໃຫ້ປະລິມານນ້ຳໃນແມ່ນ້ຳ ຕ່າງໆຫຼາຍເກີນຄວາມສາມາດບັນຈຸຂອງມັນແລ້ວໄຫຼອອກໄປຖ້ວມຜືນ ທີ່ຕ່າງໆຕາມລ່ອງແມ່ນ້ຳ ເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມເສຍຫາຍຢ່າງມະຫາສານ ໃຫ້ແກ່ ສປປ ລາວ (Inter-Agency Standing Committee, 2023). ຕາມຂໍ້ ມູນການລາຍງານຂອງກະຊວງແຮງງານ ແລະ ສະຫວັດດີການສັງຄົມ ສປປ ລາວ ປີ 2020, ນ້ຳຖ້ວມນັບແຕ່ປີ 1990 –2018 ໄດ້ສົ່ງຜົນກະທົບຕໍ່ປະຊາກອນເຖິງ 72% ຫຼື ເກືອບສາມສ່ວນ ສີ່ຂອງປະຊາກອນທັງໝົດ ທີ່ໄດ້ຮັບຜົນກະທົບຈາກໄພພິບັດຕ່າງໆທີ່ ເກີດຂຶ້ນໃນ ສປປ ລາວ ເຊິ່ງ ນ້ຳຖ້ວມໃນປີ 2009 ແລະ ປີ 2011 ທັງ ສອງເຫດການໄດ້ສ້າງຄວາມເສຍຫາຍລວມເປັນມູນຄ່າ 248 ລ້ານໂດ ລາສະຫະລັດ, ນ້ຳຖ້ວມໃນປີ 2013 ກໍໄດ້ສ້າງຄວາມເສຍຫາຍຫຼາຍກວ່າ 270 ລ້ານໂດລາສະຫະລັດ, ນ້ຳຖ້ວມໃນປີ 2018 ໄດ້ສ້າງມູນຄ່າຄວາມ

ເສຍຫາຍແມ່ນປະມານ 371 ລ້ານໂດລາສະຫະລັດ (ກະຊວງແຮງງານ ແລະ ສະຫວັດດີການສັງຄົມ, 2021) ແລະ ນ້ຳຖ້ວມໃນເດືອນກັນຍາ ປີ 2024 ຢູ່ແຂວງຫຼວງນ້ຳທາໄດ້ສ້າງມູນຄ່າຄວາມເສຍຫາຍທັງໝົດແມ່ນ ປະມານ 264,3 ລ້ານໂດລາສະຫະລັດ (Inter-Agency Standing Committee, 2023). ໃນຂະນະດຽວກັນນັ້ນ, ລັດຖະບານລາວ ກໍໄດ້ ວາງນະໂຍບາຍ ກ່ຽວກັບການຄຸ້ມຄອງໄພພິບັດ ໂດຍເນັ້ນໃຫ້ເອົາໃຈໃສ່ ໃນການຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ຖ່າຍທອດວິທະຍາສາດ, ນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີທີ່ ທັນສະໄໝ ແລະ ເປັນມິດກັບສິ່ງແວດລ້ອມ ພ້ອມທັງນຳໃຊ້ຜູ້ມຸ່ມປັນຍາ ທ້ອງຖິ່ນ ເຂົ້າໃນການຄຸ້ມຄອງໄພພິບັດ ເພື່ອແນໃສ່ການປ້ອງກັນ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄວາມສ່ຽງຂອງໄພພິບັດ ແລະ ຮັບປະກັນ ການສະໜອງຂໍ້ມູນ ຂ່າວສານ ວ່ອງໄວ, ຊັດເຈນ ແນໃສ່ເຝົ້າລະວັງ, ຫຼຸດຜ່ອນຜົນກະທົບທີ່ ເກີດຈາກໄພພິບັດ ຕໍ່ສຸຂະພາບ, ຊີວິດ, ຊັບສິນ ແລະ ໂຄງລ່າງຜືນຖານ (ສະພາແຫ່ງຊາດ, 2019).

ບັດຈຸບັນນີ້ ນ້ຳຖ້ວມກຳລັງກາຍເປັນບັນຫາສິ່ງແວດລ້ອມທີ່ ຮ້າຍແຮງຂຶ້ນຢ່າງໄວວາໃນທົ່ວໂລກ ເຊິ່ງເປັນບັນຫາທີ່ບໍ່ສາມາດຢຸດຢັ້ງ ໄດ້ຢ່າງສິ້ນເຊີງ. ຍຸດທະສາດການຄຸ້ມຄອງໄພນ້ຳຖ້ວມທີ່ເໝາະສົມ ແລະ ຍືນຍົງ ແມ່ນເປັນທີ່ຕ້ອງການທີ່ສຸດ ເພື່ອສິ່ງແວດລ້ອມທີ່ດີ (Eyimoga

et al., 2024). ວິທີການໜຶ່ງໃນການປ້ອງກັນໄພນໍ້າຖ້ວມ ແມ່ນການສ້າງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມລ່ວງໜ້າທີ່ມີຄວາມແມ່ນຍໍາ ແລະ ຫັນເວລາ ຈາກເຄື່ອງມືທີ່ສາມາດຕິດຕາມໄດ້ແບບອັດຕະໂນມັດ ແລະ ລວບລວມຂໍ້ມູນໃນໄລຍະໄກ (Saddami et al., 2023). ວິທີການໜຶ່ງໃນການສ້າງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ນິຍົມ ແມ່ນການນໍາໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ແລະ ເຊັນເຊີ ເພື່ອຕິດຕາມລະດັບນໍ້າຝົນ ແລະ ລະດັບນໍ້າ ເພື່ອແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ເຊິ່ງເປັນລະບົບທີ່ມີຄວາມແມ່ນຍໍາ ແລະ ໃຫ້ຂໍ້ມູນແບບເວລາຈິງໄດ້, ແຕ່ຍັງມີຂໍ້ຈຳກັດໃນບາງດ້ານເຊັ່ນ: ວັດ ແລະ ອ່ານຄ່າໄດ້ໃນແບບເປັນຈຸດພຽງຈຸດດຽວ, ບໍ່ສາມາດສະແດງພື້ນທີ່ນໍ້າຖ້ວມອ້ອມຂ້າງໄດ້ ແລະ ພຽງແຕ່ໃຫ້ຂໍ້ມູນເປັນຕົວເລກ (Arshad et al., 2019).

ຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ (Computer Vision) ເປັນວິທະຍາສາດ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີໜຶ່ງທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຄອມພິວເຕີສາມາດປະເມີນຜິນ, ເຂົ້າໃຈ ແລະ ສະກັດຂໍ້ມູນທີ່ມີຄວາມໝາຍຈາກພາບ, ວິດີໂອ ແລະ ຈົນກະທັ້ງການຖ່າຍທອດພາບໃນເວລາຈິງ (Hyperscience Resource Center, n.d). ສະນັ້ນ, ຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນຈຶ່ງເປັນອີກເຕັກໂນໂລຊີໜຶ່ງທີ່ຖືກນໍາມາໃຊ້ຢ່າງກວ້າງຂວາງ ໃນການພັດທະນາລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ. ລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ນໍາໃຊ້ຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ ເປັນລະບົບທີ່ສາມາດຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄດ້ແບບອັດຕະໂນມັດ ແລະ ເປັນເວລາຈິງ, ສາມາດໃຫ້ຂໍ້ມູນເປັນພາບໃຫ້ເຫັນສະພາບຂອງນໍ້າຖ້ວມໄດ້ ແລະ ມີຂໍ້ໄດ້ປຽບໃນການຄວບຄຸມພື້ນທີ່ກວ້າງກວ່າ ເມື່ອສົມທຽບກັບລະບົບເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ນໍາໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ແລະ ເຊັນເຊີ (Arshad et al., 2019). ລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ນໍາໃຊ້ຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ ບໍ່ຈຳເປັນຕ້ອງໃຊ້ເຊັນເຊີຊະນິດອື່ນ ໃຊ້ພຽງແຕ່ກ້ອງຖ່າຍ (Owen et al., 2023).

ໃນການຄົ້ນຄວ້າກ່ຽວກັບລະບົບຕິດຕາມ ແລະ ແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມມີຫຼາຍການຄົ້ນຄວ້າກໍ່ໄດ້ນໍາໃຊ້ວິທີການນີ້ ເຫັນວ່າມີປະສິດທິພາບ ແລະ ມີຄວາມແມ່ນຍໍາ. Utomo et al., (2021) ໄດ້ຄົ້ນຄວ້າກ່ຽວກັບເຄື່ອງກວດຈັບນໍ້າຖ້ວມເພື່ອເຕືອນໄພລ່ວງໜ້າໂດຍໃຊ້ວິທີການຂອງ Sobel Canny Edge Detection Algorithm ເພື່ອກວດຈັບລະດັບນໍ້າແບບເວລາຈິງຜ່ານກ້ອງຖ່າຍ ແລະ ໃຊ້ລູກບານນ້ອຍສີສົມທີ່ຝຸ່ນໍ້າເປັນຕົວບົ່ງຊີ້ລະດັບນໍ້າທີ່ເບິ່ງເຫັນໄດ້ ເຊິ່ງພົບວ່າ ລະບົບສາມາດຈັດປະເພດລະດັບນໍ້າເຂົ້າໃນເຂດສຽງທີ່ກຳນົດໄວ້ລ່ວງໜ້າໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ແລະ ການກວດຈັບລະດັບນໍ້າດ້ວຍວິທີການຂອງ SCED ແມ່ນໄວ, ຖືກຕ້ອງ ແລະ ຕອບສະໜອງໄດ້ດີ, ໂດຍມີສັນຍານເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ສ້າງຂຶ້ນໃນເວລາໜ້ອຍກວ່າ 1 ນາທີ. Saddami et al., (2023) ໄດ້ຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ສະເໜີລະບົບກວດຈັບລະດັບນໍ້າແບບເວລາຈິງ ໂດຍໃຊ້ອັນກໍຣິທິມຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ ແລະ ໃຊ້ເທັກນິກການຕິດຕາມວັດຖຸແບບສີ ໂດຍມີຕົວບົ່ງຊີ້ລະດັບນໍ້າເປັນລະດັບອ້າງອີງສາມຕົວ ເພື່ອລະບຸສະຖານະຂອງລະດັບນໍ້າ ໄດ້ແກ່: ປົກກະຕິ (NORMAL), ແຈ້ງເຕືອນ (ALERT) ແລະ ອັນຕະລາຍ (DANGER) ເຊິ່ງພົບວ່າ ລະບົບສາມາດກວດຈັບລະດັບນໍ້າໄດ້ ແລະ ມີຄວາມແມ່ນຍໍາ 94%. Soh et al. (2022) ກໍ່ໄດ້ພັດທະນາລະບົບຕິດຕາມຕາຝັ່ງແມ່ນໍ້າທີ່ເຊື່ອມໂຍງລະບົບຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ (Computer Vision) ແລະ ອິນເຕີເນັດຂອງສິ່ງຕ່າງໆ (IoT) ເພື່ອສະ

ໜອງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມລ່ວງໜ້າ ໂດຍໄດ້ນໍາໃຊ້ເທັກນິກການປະເມີນຜິນຮູບພາບທີ່ຖ່າຍໂດຍກ້ອງ, ລະດັບນໍ້າທີ່ຖືກກວດພົບໄດ້ຖືກອັບໂຫຼດເຂົ້າສູ່ແຟລັດຟອມຄລາວ IoT Ubidots ແລະ ໄດ້ມີການສົ່ງຂໍ້ຄວາມແຈ້ງເຕືອນຜ່ານແອັບພິເຄຊັນ Telegram ເພື່ອເຕືອນຜູ້ໃຊ້ເມື່ອລະດັບນໍ້າຮອດຂັ້ນວິກິດ ເຊິ່ງພົບວ່າ ລະບົບສາມາດດຳເນີນງານໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບທັງສະພາບແວດລ້ອມພາຍໃນ ແລະ ພາຍນອກຜ່ານ Ubidots ແລະ Telegram, ຜູ້ໃຊ້ສາມາດຕິດຕາມສະພາບແມ່ນໍ້າຈາກໄລຍະໄກ ແລະ ໄດ້ຮັບການແຈ້ງເຕືອນຢ່າງທັນການ.

ຈາກບັນຫາ ແລະ ເຫດຜົນທີ່ກ່າວມາຂ້າງເທິງ, ຄະນະຜູ້ຄົ້ນຄວ້າຈຶ່ງໄດ້ດຳເນີນການຄົ້ນຄວ້າ ລະບົບຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ເພື່ອແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງ ໂດຍໃຊ້ວິທີການຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ. ລະບົບດັ່ງກ່າວແມ່ນໄດ້ເນັ້ນໃສ່ການກວດຈັບເຂດສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນໍ້າ ເພື່ອບອກຕຳແໜ່ງຂອງລະດັບນໍ້າ ດ້ວຍອັນກໍຣິທິມຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນ (Computer Vision Algorithm) ແລ້ວສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມເປັນຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມຜ່ານ Telegram ແບບເວລາຈິງໄປຫາຜູ້ຕິດຕາມໃຫ້ຊາບເຖິງສະຖານະການຂອງນໍ້າຖ້ວມ. ລະບົບດັ່ງກ່າວນີ້ແມ່ນໄດ້ດຳເນີນການທົດລອງຕິດຕາມລະດັບນໍ້າຢູ່ທີ່ແຄມແມ່ນໍ້າຂອງ ໃນເຂດເທດສະບານ ນະຄອນຫຼວງພະບາງ ແຂວງຫຼວງພະບາງ ໃນຕອນກາງເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳ ເພື່ອປະເມີນຫາຄວາມແມ່ນຍໍາ ແລະ ເວລາທີ່ໃຊ້ໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

ບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ ເປັນການຄົ້ນຄວ້າແບບທົດລອງ ໂດຍມຸ່ງເນັ້ນໃສ່ການພັດທະນາລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງ ດ້ວຍການນໍາເອົາອັນກໍຣິທິມຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນໄປທົດລອງກັບແມ່ນໍ້າຕົວຈິງ ເພື່ອປະເມີນຫາຄວາມແມ່ນຍໍາຂອງລະບົບ ແລະ ເວລາໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ.

2.1 ອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມື

ອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມືທີ່ໄດ້ນໍາໃຊ້ເຂົ້າໃນການພັດທະນາລະບົບຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ເພື່ອແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງ ໃນຄັ້ງນີ້ປະກອບມີອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມືທີ່ເປັນຮາດແວ ແລະ ຊອບແວ ຄື:

ຮາດແວ (Hardware) ປະກອບມີ: ເສົາວັດແທກລະດັບນໍ້າໃຊ້ເພື່ອການວັດແທກ ແລະ ຕິດຕາມລະດັບສູງນໍ້າ, ກ້ອງໂທລະສັບມິຖີແອນດຣອຍໃຊ້ເພື່ອທົດສອບລະບົບຂະນະຂຽນໂຄດ, ກ້ອງ Hikvision ColorVu CCTV IP Camera 2mp ໃຊ້ເພື່ອຈັບພາບລະດັບນໍ້າຖ້ວມສືດປ້ອນເຂົ້າລະບົບຕົວຈິງ ແລະ ຄອມພິວເຕີແລບທອບໃຊ້ເພື່ອຄວບຄຸມລະບົບ ແລະ ຮັບໂຄດ.

ຊອບແວ (Software Tools) ປະກອບມີ: Python v3.10.10 ເປັນພາສາຫຼັກສຳລັບການຂຽນໂຄດ, OpenCV v4.6 ໃຊ້ເພື່ອປະເມີນຜິນຮູບພາບ ແລະ ວິດີໂອເພື່ອຫາຕຳແໜ່ງຂອງລະດັບນໍ້າ, Visual Studio Code ໃຊ້ເພື່ອການຂຽນໂຄດ, IP Webcam App ໃຊ້ເພື່ອເຊື່ອມຕໍ່ກ້ອງໂທລະສັບແອນດຣອຍ ກັບ OpenCV ແລະ Telegram Bot ແລະ Telegram Channel ໃຊ້ເພື່ອສົ່ງ ແລະ ຕິດຕາມການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ.

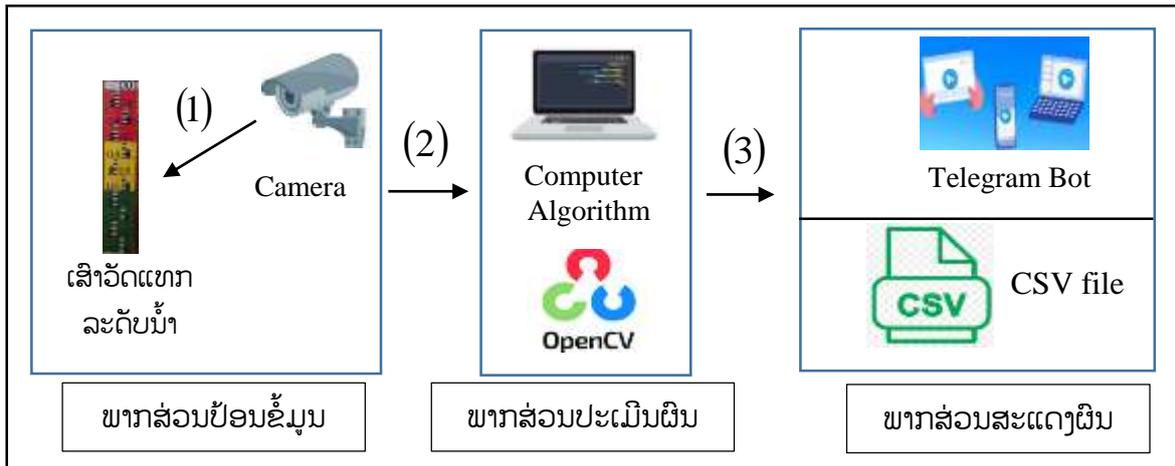
2.2 ການອອກແບບລະບົບ

ການອອກແບບລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມໃນຄັ້ງນີ້ ແມ່ນໄດ້ອີງໃສ່ 3 ປັດໄຈພື້ນຖານຂອງການພັດທະນາລະບົບເຕືອນໄພຄື: ການເກັບກຳຂໍ້ມູນຜ່ານການວັດແທກ, ການປະເມີນຜົນຂໍ້ມູນ (ຮາດແວ ແລະ ຊອບແວທີ່ຈຳເປັນ) ແລະ ການເຜີຍແຜ່ຂໍ້ມູນການເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມ (Environmental Fondriest, Inc, 2015). ສະນັ້ນ, ພວກເຮົາຈຶ່ງໄດ້ອອກແບບລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມ ທີ່ປະກອບດ້ວຍ 3 ອົງປະກອບຫຼັກຄືດັ່ງນີ້:

1) ພາກສ່ວນປ້ອນຂໍ້ມູນ: ໄດ້ແກ່ກ້ອງຖ່າຍ ແລະ ເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ.

2) ພາກສ່ວນປະເມີນຜົນ: ໄດ້ແກ່ອັນກໍຣິທິມຄອມພິວເຕີວິຊັ້ນທີ່ພັດທະນາດ້ວຍ Python ແລະ OpenCV.

3) ພາກສ່ວນສະແດງຜົນ: ໄດ້ແກ່ລະບົບບັນທຶກຂໍ້ມູນ (CSV) ແລະ ລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມຜ່ານ Telegram bot ໄປຫາຜູ້ໃຊ້ທີ່ກຳນົດໄວ້.

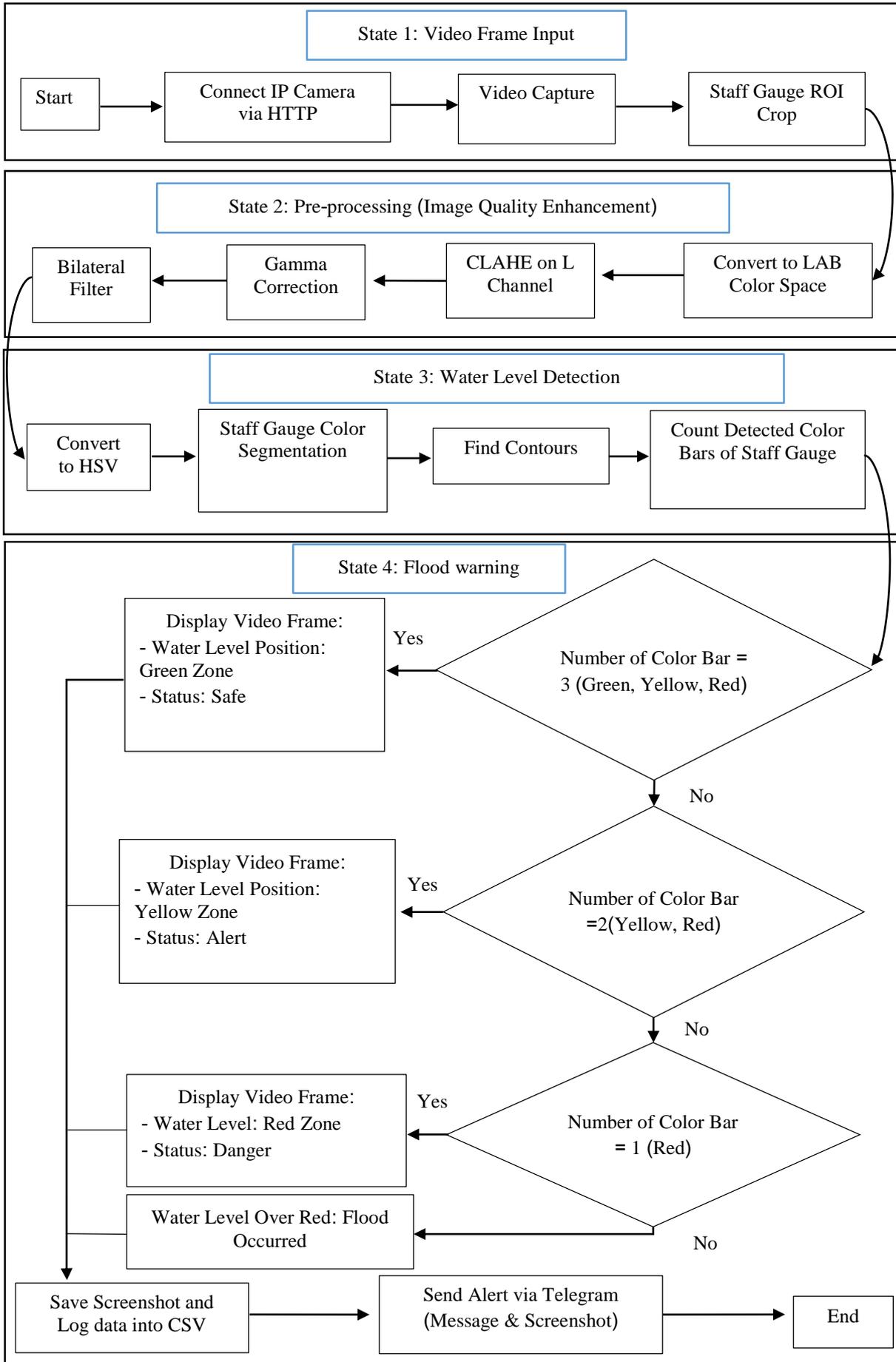


ຮູບທີ 1: ໂຄງສ້າງຂອງລະບົບທີ່ນຳສະເໜີໂດຍລວມ

2.3 ການດຳເນີນງານອັນກໍຣິທິມ

ອັນກໍຣິທິມ ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ ເພື່ອຕິດຕາມລະດັບນ້ຳ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງປະກອບມີ 4 ຂັ້ນຕອນຄື: 1) ຂັ້ນຕອນປ້ອນວິດີໂອເຟຣມ (Video Frame Input) ເປັນຂັ້ນຕອນຈັບພາບ ເພື່ອປ້ອນເຂົ້າສູ່ລະບົບ ດ້ວຍກ້ອງຖ່າຍ. 2) ຂັ້ນຕອນປັບປຸງຄຸນນະພາບຂອງຮູບພາບ ຫຼື ວິດີໂອເຟຣມ (Image Quality Enhancement) ເປັນຂັ້ນຕອນທີ່ນຳເອົາຮູບພາບ ຫຼື ວິດີໂອເຟຣມສ່ວນທີ່ສົນໃຈ (ROI) ມາປັບປຸງ ແລະ ພື້ນຜູ້ຄຸນນະພາບຂອງຮູບພາບໃຫ້ມີຄວາມຊັດເຈນ ແລະ ມີຄວາມລະອຽດກ່ອນທີ່ຈະນຳໄປປະເມີນ

ຜົນເພື່ອກວດຈັບຫາຕຳແໜ່ງລະດັບນ້ຳ. 3) ຂັ້ນຕອນກວດຈັບລະດັບນ້ຳ (Water Level Detection) ເປັນຂັ້ນຕອນກວດຈັບຫາຕຳແໜ່ງຂອງເສັ້ນລະດັບໜ້ຳທີ່ຕິດແປະຢູ່ທີ່ເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ. 4) ຂັ້ນຕອນສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມ (Flood warning) ເປັນຂັ້ນຕອນສະແດງຜົນຂໍ້ມູນການຕິດຕາມການປ່ຽນແປງຂອງລະດັບນ້ຳທີ່ວັດແທກໄດ້ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄປຍັງຜູ້ໃຊ້ຜ່ານ Telegram Bot ພ້ອມເກັບບັນທຶກຂໍ້ມູນໄວ້ໃນແບບ CSV ຝາຍ ແລະ ເປັນຮູບພາບໄວ້ໃນເຄື່ອງຄອມພິວເຕີທີ່ໃຊ້ຮັບໂຄດ.



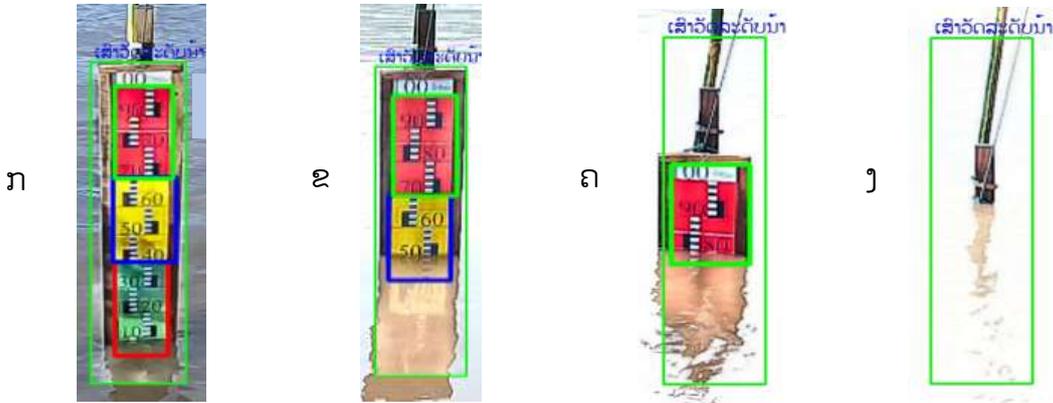
ຮູບທີ 2: ແຜນວາດຂັ້ນຕອນການເຮັດວຽກຂອງລະບົບ

2.3.1 ການກວດຈັບລະດັບນ້ຳ

ຫຼັງການສຳຄັນຂອງການວັດແທກລະດັບນ້ຳດ້ວຍວິທີການຂອງ Computer Vision ແມ່ນການກວດຈັບເສັ້ນລະດັບນ້ຳ, ບໍ່ວ່າຈະເປັນວິທີການໃດກໍຕາມ, ການຄາດຄະເນລະດັບນ້ຳຕົວຈິງແມ່ນອີງໃສ່ຕຳແໜ່ງຂອງເສັ້ນລະດັບໜ້ານ້ຳໃນຮູບພາບ (Wu et al., 2023).

ການກວດຈັບລະດັບນ້ຳໃນການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ແມ່ນໄດ້ນຳໃຊ້ວິທີການກວດຈັບເຂດສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ ເພື່ອບອກຕຳແໜ່ງຂອງລະດັບນ້ຳ ດ້ວຍການຈັບພາບຈາກກ້ອງ Hikvision ColorVu CCTV IP Camera 2mp ທີ່ສາມາດຈັບພາບສີໄດ້ທັງກາງເວັນ ແລະ ກາງຄືນ. ການກວດຈັບເຂດສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ ໄດ້ດຳເນີນການດ້ວຍ Color Segmentation ເພື່ອແຍກເຂດສີຕ່າງໆທີ່ເສົາ

ວັດແທກລະດັບນ້ຳໃນຝື່ນທີ່ ROI ເພື່ອກຳນົດຂອບຂອງເຂດສີ (Chen, 2023). ການກຳນົດຂອບຂອງເຂດສີ (Find contours) ແມ່ນໄດ້ໃຊ້ການຕີເສັ້ນອ້ອມ (Bounding box) ໃຫ້ກັບເຂດສີທີ່ກວດພົບຢູ່ເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ. ການບອກຕຳແໜ່ງຂອງລະດັບນ້ຳ ແມ່ນໄດ້ໃຊ້ວິທີການນັບແຖບສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳທີ່ກວດພົບ. ຖ້າລະບົບກວດພົບວ່າມີແຖບສີ 3 ສີຄື: ສີຂຽວ, ສີເຫຼືອງ ແລະ ສີແດງ ສະແດງວ່າລະດັບນ້ຳຢູ່ທີ່ ເຂດສີຂຽວ ດັ່ງຮູບທີ 3ກ, ຖ້າລະບົບກວດພົບວ່າມີແຖບສີ 2 ສີຄື: ສີເຫຼືອງ ແລະ ສີແດງ ສະແດງວ່າລະດັບນ້ຳຢູ່ທີ່ເຂດສີເຫຼືອງ ດັ່ງຮູບທີ 3ຂ, ຖ້າລະບົບກວດພົບວ່າມີແຖບສີ 1 ສີຄື: ສີແດງ ສະແດງວ່າລະດັບນ້ຳຢູ່ທີ່ ເຂດສີແດງ ດັ່ງຮູບທີ 3ຄ ແລະ ຖ້າລະບົບກວດບໍ່ພົບແຖບສີທັງ 3 ສີສະແດງວ່າລະດັບນ້ຳຂຶ້ນກາຍເຂດສີແດງແລ້ວດັ່ງຮູບທີ 3ງ.



ຮູບທີ 3: ພາບສະແດງການກວດພົບແຖບສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳ

2.3.2 ການແຈ້ງເຕືອນລະດັບນ້ຳຖ້ວມ

ການແຈ້ງເຕືອນໄພນ້ຳຖ້ວມໃນຄັ້ງນີ້ ແມ່ນໄດ້ສົ່ງຜ່ານທາງແອບພຣິເຄຊັນ Telegram ໂດຍລະບົບໄດ້ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນລະດັບນ້ຳຖ້ວມດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມຜ່ານທາງ Telegram Bot ຢ່າງອັດຕະໂນມັດໄປຫາຜູ້ຕິດຕາມໃນ Telegram Channel ເມື່ອລະດັບນ້ຳຂຶ້ນຮອດເຂດສີເຕືອນໄພຕ່າງໆຄື:

- 1) ຖ້າລະດັບນ້ຳຂຶ້ນຮອດເຂດສີຂຽວ ລະບົບຈະສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນ້ຳຢູ່ເຂດສີຂຽວ ແລະ ສະຖານະການຂອງນ້ຳ: ປອດໄພ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ.
- 2) ຖ້າລະດັບນ້ຳຂຶ້ນຮອດເຂດສີເຫຼືອງ ລະບົບຈະສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນ້ຳຢູ່ເຂດສີເຫຼືອງ ແລະ ສະຖານະການຂອງນ້ຳ: ເຝົ້າລະວັງ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ.
- 3) ຖ້າລະດັບນ້ຳຂຶ້ນຮອດເຂດສີແດງ ລະບົບຈະສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນ້ຳຢູ່ເຂດສີແດງ ແລະ ສະຖານະການຂອງນ້ຳ: ອັນຕະລາຍ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ.
- 4) ຖ້າລະດັບນ້ຳຂຶ້ນກາຍເຂດສີແດງ ລະບົບຈະສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນ້ຳກາຍເຂດສີແດງແລ້ວ ແລະ

ສະຖານະການຂອງນ້ຳ: ກຳລັງເກີດນ້ຳຖ້ວມ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ.

2.4 ການດຳເນີນການທົດລອງ

ໃນການດຳເນີນການທົດລອງຕົວຈິງ ຜູ້ຄົນຄວ້າໄດ້ນຳເອົາກ້ອງ ແລະ ເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳໄປຕິດຕັ້ງໄວ້ຢູ່ແຄມແມ່ນ້ຳຂອງ ໃນເຂດເທດສະບານ ນະຄອນຫຼວງພະບາງ ແຂວງຫຼວງພະບາງ ໂດຍໃຫ້ກ້ອງຢູ່ຫ່າງຈາກເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳໄລຍະ 3 ແມັດ ແລະ ສູງກວ່າເສົາວັດແທກ 2 ແມັດ. ຈາກນັ້ນເຊື່ອມຕໍ່ກ້ອງ ເຂົ້າກັບຄອມພິວເຕີ ແລ້ວເຊື່ອມຕໍ່ຄອມພິວເຕີກັບອິນເຕີເນັດດ້ວຍ Hotspot ໂທລະສັບມືຖື 4G, ປັບກ້ອງໃຫ້ເສົາວັດແທກລະດັບນ້ຳຕັ້ງຢູ່ເຄິ່ງກາງພາບໃນວິດີໂອໃນຝື່ນທີ່ ROI. ຫຼັງຈາກນັ້ນ ດຳເນີນການຮັບໂຄດຕົວຈິງ ແລະ ຄ່ອຍໆປ່ອຍເສົາວັດແທກໃຫ້ຈົມລົງໃນນ້ຳຕາມລຳດັບຈົນນ້ຳຖ້ວມເສົາວັດແທກທັງໝົດ. ໄດ້ເຮັດການທົດລອງແບບນີ້ ໃນຕອນກາງເວັນ (ຕອນເຊົ້າ, ຕອນສວາຍ, ຕອນແລງ) ແລະ ຕອນຄ່ຳ.

2.5 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ວິທີການການວິເຄາະຂໍ້ມູນ ແມ່ນໄດ້ນຳໃຊ້ວິທີການວິເຄາະແບບປະລິມານ (Quantitative analysis) ແລະ ແບບປຽບທຽບ (Comparative analysis) ປະກອບກັນ ເຊິ່ງມີວິທີການດັ່ງນີ້:

1) ການປະເມີນຄວາມແມ່ນຢ່າຂອງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງ ແມ່ນໄດ້ປະເມີນໂດຍໃຊ້ວິທີການກວດສອບຈໍານວນຄັ້ງການແຈ້ງເຕືອນທີ່ມີຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງລະດັບນໍ້າທີ່ຖືກສົ່ງມາໃນ Telegram ທຽບກັບລະດັບນໍ້າຕົວຈິງທີ່ເສົາວັດແທກລະດັບນໍ້າກັບຈໍານວນຄັ້ງການແຈ້ງເຕືອນທັງໝົດ (JatinKumar, 2021) & (Kashmin, 2024) ເຊິ່ງໄດ້ນໍາໃຊ້ສູດຄິດໄລ່ຄື:

$$Accuracy_{Alert} = \frac{Correct\ Alerts}{Total\ Alerts} \times 100\%$$

2) ການປະເມີນເວລາທີ່ລະບົບໃຊ້ໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ເປັນການວັດແທກຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງເວລາກວດພົບ ແລະ ເວລາແຈ້ງເຕືອນ ໂດຍໃຊ້ວິທີການສົມທຽບເວລາທີ່ບັນທຶກໄວ້ໃນຮູບພາບໃນເຄື່ອງຄອມພິວເຕີ (ເປັນເວລາກວດພົບ ຫຼື $T_{detection}$) ກັບ ເວລາທີ່ສົ່ງຮູບພາບມາເຖິງໃນ Telegram (ເປັນເວລາແຈ້ງເຕືອນ ຫຼື T_{alert}) (Axis Communications AB, 2015). ວິທີການນີ້ ແມ່ນໄດ້ໃຊ້ ການຄິດໄລ່ຄວາມຊັກຊ້າຕາມການປຽບທຽບເວລາຄື:

$$Latency = (T_{Alert} - T_{Detection}) \quad \text{ການຕີຄວາມໝາຍ:}$$

- ຖ້າ Latency ມີຄ່າຫຼາຍ ໝາຍຄວາມວ່າ ລະບົບສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນຊັກຊ້າ (ໃຊ້ເວລາຫຼາຍ).
- ຖ້າ Latency ມີຄ່າໜ້ອຍ ໝາຍຄວາມວ່າ ລະບົບສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນວ່ອງໄວ (ໃຊ້ເວລາໜ້ອຍ).

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

ຜ່ານການນໍາເອົາລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ໄດ້ພັດທະນາຂຶ້ນ ໄປທົດລອງຕົວຈິງກັບແມ່ນໍ້າຂອງ ໃນຕອນກາງເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳພົບວ່າ ລະບົບສາມາດຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ແລະ ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມຜ່ານ Telegram ໄດ້ແບບອັດຕະໂນມັດ ແລະ ເປັນເວລາຈິງ ທັງໃນຕອນກາງເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳ.

3.1 ຜົນການຕິດຕາມ ແລະ ແຈ້ງເຕືອນລະດັບນໍ້າຖ້ວມ

ຜ່ານການທົດລອງຕົວຈິງເຫັນວ່າ ເມື່ອລະດັບນໍ້າຂຶ້ນຮອດເຂດສີຂຽວ ລະບົບໄດ້ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນໍ້າຢູ່ເຂດສີຂຽວ ແລະ ສະຖານະການຂອງນໍ້າ: ບອດໄພ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ ສະແດງດັ່ງຮູບທີ 4ກ, ເມື່ອລະດັບນໍ້າຂຶ້ນຮອດເຂດສີເຫຼືອງ ລະບົບໄດ້ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນໍ້າຢູ່ເຂດສີເຫຼືອງ ແລະ ສະຖານະການຂອງນໍ້າ: ເຝົ້າລະວັງ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ ສະແດງດັ່ງຮູບທີ 4ຂ, ເມື່ອລະດັບນໍ້າຂຶ້ນຮອດເຂດສີແດງ ລະບົບໄດ້ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນໍ້າຢູ່ເຂດສີແດງ ແລະ ສະຖານະການຂອງນໍ້າ: ອັນຕະລາຍ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ ສະແດງດັ່ງຮູບທີ 4ຄ ແລະ ເມື່ອລະດັບນໍ້າຂຶ້ນກາຍເຂດສີແດງ ລະບົບໄດ້ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນດ້ວຍຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມວ່າ ລະດັບນໍ້າກາຍເຂດສີແດງແລ້ວ ແລະ ສະຖານະການຂອງນໍ້າ: ກໍາລັງເກີດນໍ້າຖ້ວມ ພ້ອມບອກເວລາ, ວັນທີ ເດືອນ ປີ ສະແດງດັ່ງຮູບທີ 4ງ.

3.2 ຜົນການປະເມີນຄວາມແມ່ນຢ່າ ແລະ ເວລາໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນຂອງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ

ຈາກການວິເຄາະຜົນການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມຂອງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ສາມາດສະແດງຜົນຄວາມແມ່ນຢ່າ ແລະ ເວລາ

ທີ່ໃຊ້ໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນຂອງລະບົບເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມໄດ້ ດັ່ງຕາຕະລາງທີ 1.

ຈາກຜົນການປະເມີນຄວາມແມ່ນຢ່າຂອງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມ ເຫັນວ່າ ລະບົບມີຄວາມແມ່ນຢ່າໃນການແຈ້ງເຕືອນລະດັບນໍ້າຖ້ວມທີ່ຖືກຕ້ອງຕາມລະດັບນໍ້າຈິງລວມທັງໃນຕອນກາງເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳແມ່ນ 85.39%, ມີຄວາມຜິດພາດລວມແມ່ນ 14.61%, ໃນນັ້ນຕອນກາງເວັນມີຄວາມແມ່ນຢ່າແມ່ນ 86.44%, ມີຄວາມຜິດພາດແມ່ນ 13.56% ແລະ ຕອນຄ່ຳມີຄວາມແມ່ນຢ່າແມ່ນ 83.33%, ມີຄວາມຜິດພາດແມ່ນ 16.67%.

ໃນການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທັງໝົດຈໍານວນ 89 ຄັ້ງ, ລະບົບໃຊ້ເວລາໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໜ້ອຍສຸດແມ່ນ 6 ວິນາທີ ແລະ ໃຊ້ເວລາຫຼາຍສຸດແມ່ນ 48 ວິນາທີ.

4. ວິພາກຜົນ

ຜົນການທົດລອງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມແບບເວລາຈິງທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ ແມ່ນສາມາດຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ແລະ ສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມເປັນຮູບພາບ ແລະ ຂໍ້ຄວາມຜ່ານ Telegram Bot ໄປຫາຜູ້ຕິດຕາມໄດ້ຢ່າງອັດຕະໂນມັດ ແລະ ເປັນເວລາຈິງ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບການຄົ້ນຄວ້າຂອງ Soh et al., (2022) ທີ່ໄດ້ພັດທະນາລະບົບຕິດຕາມຕາຝັ່ງແມ່ນໍ້າທີ່ເຊື່ອມໂຍງລະບົບຄອມພິວເຕີວິຊຸນ ແລະ IoT ເພື່ອສະໜອງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມລ່ວງໜ້າພົບວ່າ ລະບົບສາມາດດໍາເນີນງານໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບທັງໃນສະພາບແວດລ້ອມພາຍໃນ ແລະ ພາຍນອກ ຜ່ານ Ubidots ແລະ Telegram, ຜູ້ໃຊ້ສາມາດຕິດຕາມສະພາບແມ່ນໍ້າຈາກໄລຍະໄກ ແລະ ໄດ້ຮັບການແຈ້ງເຕືອນຢ່າງທັນການ. ຄວາມແມ່ນຢ່າລວມຂອງລະບົບຢູ່ທີ່ 85.39% ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ວິທີການກວດຈັບສີຜ່ານການປະເມີນຜົນຮູບພາບສາມາດນໍາໃຊ້ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິຜົນໃນການກໍານົດລະດັບນໍ້າຕາມເສົາວັດແທກ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍ່ດີ, ຄວາມແຕກຕ່າງຂອງຄວາມແມ່ນຢ່າລະຫວ່າງຕອນກາງເວັນ (86.44%) ແລະ ຕອນຄ່ຳ (83.33%) ອາດເປັນຜົນມາຈາກສະພາບແສງໃນຕອນກາງຄືນທີ່ມີຄວາມສະຫວ່າງໜ້ອຍກວ່າ ເຮັດໃຫ້ກ້ອງຈັບພາບສີຂອງເສົາວັດແທກລະດັບນໍ້າບໍ່ເຫັນແຈ້ງຊັດເຈນດີ ແລະ ມີສິ່ງລົບກວນ ເຊິ່ງໃນການຄົ້ນຄວ້າຂອງ Wu et al., (2023) ກໍ່ພົບວ່າ ຄຸນນະພາບຂອງຮູບພາບທີ່ບໍ່ດີເປັນປັດໄຈໜຶ່ງທີ່ສົ່ງຜົນກະທົບຕໍ່ຄວາມສະຖຽນ ແລະ ຄວາມແມ່ນຢ່າຂອງລະບົບອັລກໍຣິທຶມ. ການນໍາໃຊ້ວິທີການປັບປຸງຄຸນນະພາບຮູບພາບ ເຊັ່ນ: CLAHE ແລະ Gamma Correction ກໍ່ມີສ່ວນຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມແມ່ນຢ່າໃນການກວດຈັບສີ. ຄວາມຜິດພາດທັງໝົດຈໍານວນ 13 ຄັ້ງ ຈາກການແຈ້ງເຕືອນທັງໝົດ 89 ຄັ້ງ ເກີດຈາກປັດໄຈຫຼາຍຢ່າງເຊັ່ນ: ການສະທ້ອນແສງຈາກນໍ້າ, ການເກີດເງົາ, ການເກີດຄື້ນໜ້ານໍ້າ, ການປ່ຽນແປງລັງສີຈາກສະພາບແວດລ້ອມ ເຮັດໃຫ້ກ້ອງຈັບພາບສີຜິດພ້ຽນ ແລະ ບໍ່ຊັດເຈນດີ. ນອກຈາກນີ້, ລະບົບຍັງຈັບສີບໍ່ຄ່ອຍໄດ້ດີ ເມື່ອຂະໜາດຂອງເຂດສີຂອງເສົາວັດແທກໜ້ອຍລົງຫຼາຍ ເຊັ່ນ: ເມື່ອລະດັບນໍ້າຢູ່ໃກ້ຈຸດເຊື່ອມຕໍ່ສີລະຫວ່າງສອງສີ. ເວລາໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນທີ່ແຕກຕ່າງກັນ ຕັ້ງແຕ່ 6 ຫາ 48 ວິນາທີ ສະທ້ອນໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມບໍ່ແນ່ນອນຂອງຄວາມໄວຂອງການເຊື່ອມຕໍ່ ອິນເຕີເນັດຜ່ານ 4G Hotspot ແລະ ປະລິມານຂໍ້ມູນທີ່ຕ້ອງປະເມີນຜົນໃນແຕ່ລະຄັ້ງບໍ່ມີ

ຄວາມສະຖຽນ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍດີ, ເວລາທັງໝົດທີ່ໃຊ້ໃນການແຈ້ງ ເຕືອນຍັງຄົງຢູ່ໃນໄລຍະທີ່ຍອມຮັບໄດ້ ແລະ ສາມາດຕອບສະໜອງການ ແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມແບບເວລາຈິງ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບການຄົ້ນຄວ້າ ເຄື່ອງກວດຈັບນໍ້າຖ້ວມເພື່ອເຕືອນໄພລ່ວງໜ້າຂອງ Utomo et al. (2021) ທີ່ພົບວ່າ ລະບົບສາມາດຈັດປະເພດລະດັບນໍ້າເຂົ້າໃນເຂດສຽງ ທີ່ກໍານົດໄວ້ລ່ວງໜ້າໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ, ໄວ, ຖືກຕ້ອງ ແລະ ຕອບ ສະໜອງໄດ້ດີ, ໂດຍມີສັນຍານເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ສ້າງຂຶ້ນໃນເວລາ ໜ້ອຍກວ່າ 1 ນາທີ. ແຕ່ເມື່ອປຽບທຽບຜົນການທົດລອງກັບຜົນງານ ວິໄຈຂອງ Saddami et al. (2023) ທີ່ມີຄວາມແມ່ນຢ່າ 94% ເຫັນ ວ່າລະບົບຂອງພວກເຮົາມີຄວາມແມ່ນຢ່າຕໍ່າກວ່າ ເຫດນີ້ກໍເນື່ອງຈາກ ວ່າ ລະບົບຂອງພວກເຮົາໄດ້ເຮັດການທົດລອງຢູ່ທີ່ສະພາບແວດລ້ອມ ພາຍນອກ (ແຄມແມ່ນໍ້າ) ເຊິ່ງມີປັດໄຈດ້ານສະພາບແວດລ້ອມທີ່ແຕກ ຕ່າງກັນ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ ລະບົບຂອງພວກເຮົາຍັງມີພື້ນທີ່ສໍາລັບ ການປັບປຸງລະບົບ. ການນໍາໃຊ້ເຕັກນິກການປະເມີນຜົນຮູບພາບທີ່ກ້າວ ໜ້າ ຫຼື ການປັບປຸງຄຸນນະພາບຂອງຮູບພາບໃນການກໍານົດສີໃນ ສະພາບແສງຕ່າງໆ ອາດຈະຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມແມ່ນຢ່າໄດ້ ເຊັ່ນ: ການໃຊ້ ກ້ອງທີ່ມີຄວາມລະອຽດສູງຂຶ້ນ ອາດຈັບພາບສີທີ່ມີຄວາມຊັດເຈນຂຶ້ນ.

5. ສະຫຼຸບ

ການຄົ້ນຄວ້າໃນຄັ້ງນີ້ ສາມາດພັດທະນາລະບົບແຈ້ງເຕືອນ ໄພນໍ້າຖ້ວມແບບເວລາຈິງ ໂດຍໃຊ້ວິທີການຄອມພິວເຕີວິຊັດ ເຊິ່ງ ສາມາດຕິດຕາມການປ່ຽນແປງຂອງລະດັບນໍ້າ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນ ຜ່ານ Telegram Bot ໄດ້ຢ່າງເປັນອັດຕະໂນມັດ. ລະບົບທີ່ພັດທະນາ ຂຶ້ນມີຄວາມແມ່ນຢ່າລວມ 85.39% ແລະ ໃຊ້ເວລາໃນການສິ່ງການ ແຈ້ງເຕືອນໜ້ອຍກວ່າ 1 ນາທີ ສາມາດຕອບສະໜອງຕໍ່ຄວາມ ຕ້ອງການຂອງການແຈ້ງເຕືອນໄພນໍ້າຖ້ວມລ່ວງໜ້າ. ຈຸດເດັ່ນຂອງການ ຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ ຢູ່ທີ່ການນໍາໃຊ້ວິທີການກວດຈັບສີຂອງເສົາວັດແທກ ລະດັບນໍ້າ ເຊິ່ງຊ່ວຍໃຫ້ລະບົບສາມາດກໍານົດລະດັບນໍ້າໄດ້ຢ່າງ ອັດຕະໂນມັດ. ນອກຈາກນີ້, ການສິ່ງແຈ້ງເຕືອນຜ່ານ Telegram ຍັງ ເປັນຊ່ອງທາງທີ່ສະດວກ ແລະ ເຂົ້າເຖິງໄດ້ງ່າຍ ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຄຸ້ມຄອງ ແລະ ປະຊາຊົນໃນທ້ອງຖິ່ນ ສາມາດຮັບຂໍ້ມູນໄດ້ຢ່າງທັນການ. ເຖິງ ແມ່ນວ່າ ລະບົບຂອງພວກເຮົາໄດ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມສາມາດໃນ ການນໍາໃຊ້ງານຈິງ, ແຕ່ຍັງມີບາງຂໍ້ຈໍາກັດ ໂດຍສະເພາະຄວາມແມ່ນຢ່າ ທີ່ຫຼຸດລົງໃນຕອນກາງຄືນ ແລະ ຄວາມໄວຂອງການແຈ້ງເຕືອນທີ່ ປ່ຽນແປງໄປຕາມສະພາບເຄືອຂ່າຍອິນເຕີເນັດ. ການຄົ້ນຄວ້າໃນຄັ້ງຕໍ່ ໄປ ຈິ່ງຄວນພິຈາລະນາການນໍາໃຊ້ເຕັກນິກການຮຽນຮູ້ເຄື່ອງຈັກ (Machine Learning) ເພື່ອປັບປຸງຄວາມທົນທານຂອງລະບົບຕໍ່ ສະພາບແສງທີ່ປ່ຽນແປງ, ການທົດລອງໃນສະພາບນໍ້າຖ້ວມຈິງ ແລະ ການຂະຫຍາຍພື້ນທີ່ການຕິດຕັ້ງລະບົບໃຫ້ກວ້າງຂຶ້ນ ເພື່ອສາມາດ ຕິດຕາມລະດັບນໍ້າ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນໃນໄລຍະໄກ. ສະຫຼຸບແລ້ວ, ລະບົບທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ ແມ່ນເປັນແນວທາງທີ່ມີຄວາມເປັນໄປໄດ້ສູງ ໃນການນໍາໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີຄອມພິວເຕີວິຊັດ ເພື່ອການຄຸ້ມຄອງໄພນໍ້າ ຖ້ວມ, ປ້ອງກັນ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຜົນກະທົບຂອງໄພນໍ້າຖ້ວມທີ່ອາດຈະ ເກີດຂຶ້ນ ໂດຍສະເພາະ ໃນ ສປປ ລາວ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ພວກຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນ ວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດ ແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດໃນຮູບການໃດ ໜຶ່ງ ພວກຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

ກະຊວງແຮງງານ ແລະ ສະຫວັດດີການສັງຄົມ. (2021). *ຢຸດທະສາດ ການຫຼຸດຜ່ອນຄວາມສ່ຽງໄພພິບັດແຫ່ງຊາດ 2021-2030*. ລັດຖະບານແຫ່ງ ສປປ ລາວ.

ສະພາແຫ່ງຊາດ. (2019). *ກົດໝາຍ ວ່າດ້ວຍການຄຸ້ມຄອງໄພພິບັດ*. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ: ສະພາແຫ່ງຊາດ.

Arshad, B., Ogie, R., Barthelemy, J., Pradhan, B., Verstaeevel, N., & Perez, P. (2019). Computer Vision and IoT-Based Sensors in Flood Monitoring and Mapping: A Systematic Review. *Sensors, 19*(22)(5012). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s19225012>

Axis Communications AB. (2015). *Latency in live network video surveillance [White paper]*. Axis Communications AB. Retrieved from <https://www.axis.com>

Chen, J. (2023). *Learn OpenCV with Python by Examples* (2nd ed.). James Chen.

Environmental Fondriest, Inc. (2015, Sep 17). *Fondriest Environmental*. Retrieved from May 21, 2025, <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/flood-warning-systems/>

Eyimoga, H. A., Ibrahim, A. K., Kuye, O. B., Aina, O. A., Omalle, J. A., & Abu, S. S. (2024). Flood management strategies: A global perspective. *Int'l Journal of Agric. and Rural Dev, 27*(1), 7009–7022. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/383779649>

Hyperscience Resource Center. (n.d). *Computer Vision*. Retrieved from hyperscience: <https://www.hyperscience.ai/resource/computer-vision/>

Inter-Agency Standing Committee. (2023). *Monsoon flooding contingency plan*. Lao PDR.

JatinKumar. (2021, September 28). *Calculate accuracy, precision, recall and F1 score for the following confusion matrix on water shortage in schools*.

Retrieved from Sarthaks eConnect:
<https://www.sarthaks.com/1352539/calculate-accuracy-precision-recall-score-following-confusion-matrix-shortage-schools>

Kashmin, N. (2024, July 6). *How to calculate accuracy and precision in Excel*. Retrieved from ExcelDemy:

<https://www.exceldey.com/calculate-accuracy-and-precision-in-excel>

Owen, R., Wijaya, V., Wardhana, A. W., Asy'ari, M. Z., & Suharjanto, G. (2023). Accuracy of Computer Vision Hough Line Transform for Water Level Measurement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1)(012004).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012004>

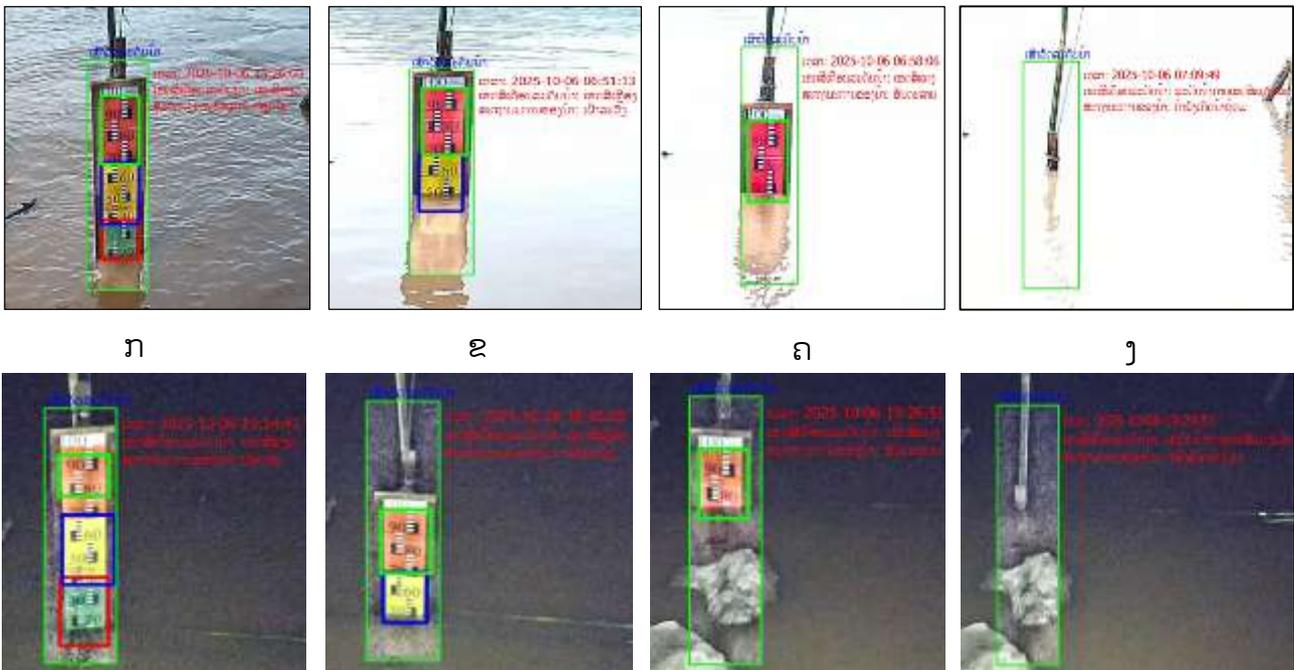
Saddami, K., Nurdin, Y., Noviantika, F., & Oktiana, M. (2023). Water Level Detection for Flood Disaster Management Based on Real-time Color Object Detection. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 8(1), 507–516.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22219/kinetik.v8i1.1635>

Soh, Z. H., Razak, M. S., Hamzah, I. H., Zainol, M. N., Sulaiman, S. N., Yahaya, S. Z., & Abdullah, S. A. (2022). Riverbank monitoring using image processing for early flood warning system via IoT. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(3), 166–174.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.03.018>

Utomo, S. B., Irawan, J. F., & Alinra, R. R. (2021). Early Warning Flood Detector Adopting Camera by Sobel Canny Edge Detection Algorithm Method. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJECS)*, 22(3), 1796–1802.
<https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1796-1802>

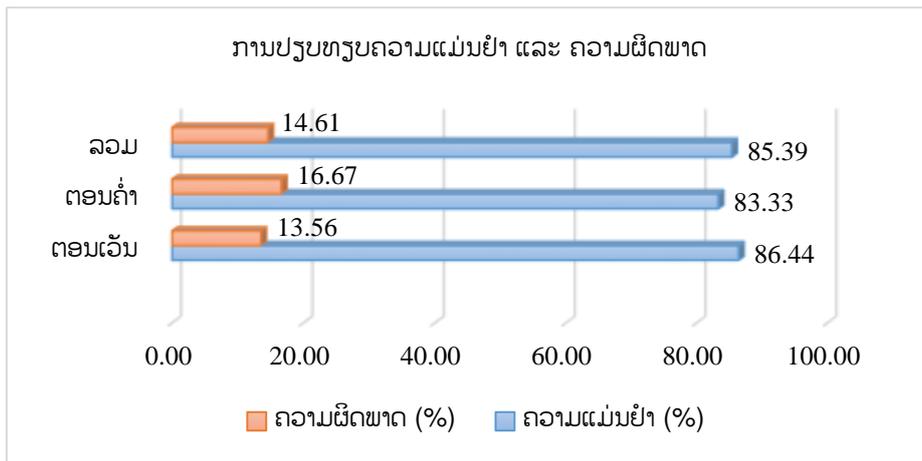
Wu, Z., Huang, Y., Huang, K., Yan, K., & Chen, H. (2023). A Review of Non-Contact Water Level Measurement Based on Computer Vision and Radar Technology. *Water*, 15(3233).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w15183233>



ຮູບທີ 4: ພາບທີ່ຖືກກວດພົບລະດັບນ້ຳສຳເລັດ ແລະ ສິ່ງການແຈ້ງເຕືອນມາໃນ Telegram Channel ລະຫວ່າງຕອນກາງເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳ

ຕາຕະລາງທີ 1: ຜົນການປະເມີນຄວາມແມ່ນຢ່າ ແລະ ເວລາທີ່ໃຊ້ໃນການສົ່ງການແຈ້ງເຕືອນຂອງລະບົບແຈ້ງເຕືອນໄຟນ້ຳຖ້ວມ ແບບເວລາຈິງ

ຕອນເວລາ	ຈຳນວນຄັ້ງການແຈ້ງເຕືອນລະດັບນ້ຳຖ້ວມ			ຄວາມແມ່ນຢ່າ (%)	ຄວາມຜິດພາດ (%)	ເວລາ ໜ້ອຍສຸດ (s)	ເວລາ ຫຼາຍສຸດ (s)
	ລວມ	ຖືກ	ຜິດ				
ຕອນເວັນ	59	51	8	86.44	13.56		
ຕອນຄ່ຳ	30	25	5	83.33	16.67	6	48
ລວມ	89	76	13	85.39	14.61		



ຮູບທີ 5: ແຜນວາດການປຽບທຽບຄວາມແມ່ນຢ່າ ແລະ ຄວາມຜິດພາດໃນການແຈ້ງເຕືອນລະດັບນ້ຳຖ້ວມລະຫວ່າງຕອນເວັນ ແລະ ຕອນຄ່ຳ