



Assessment of Meteorological Drought Frequency using the Standardized Precipitation Index (SP) for Climate Change Adaptation Planning in the Lower Xebanghiang watershed, Savannakhet Province

Thonghuen CHANTHAPANY^{*1}, Ounla SIVANPHENG², Amphone CHOMXAYTHONG³, Sanxay BOUTSAMALY⁴

^{*}Department of Water Resources Development and Management, Faculty of Water Resources, National University of Laos

¹**Correspondence:** Thonghuen CHANTHAPANY, Department of Irrigation, Ministry of Agriculture and Forestry.
Tel: +856 20 54059959,
E-mail: thongwb2039@gmail.com
^{2,3} Department of Water Resources Development and management, Faculty of Water Resources, National University of Laos
⁴ Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos

Abstract

This study aims to assess the frequency and characteristics of future meteorological droughts in the Lower Xebang Hiang Watershed, Savannakhet Province, using the Standardized Precipitation Index (SPI). Monthly rainfall data were derived from the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory–Earth System Model version 4 (GFDL-ESM4), a Global Climate Model (GCM) participating in the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) framework, under three Shared Socioeconomic Pathway (SSP) emission scenarios: SSP1-2.6, SSP2-4.5, and SSP5-8.5. Raw GCM outputs were downscaled using the Dynamical Downscaling technique to compute drought frequencies at 1-month (SPI-1), 3-month (SPI-3), and 6-month (SPI-6) accumulation periods for the Near Future (2023–2050) and Far Future (2051–2100) periods.

Results indicate that the highest drought frequency across all indices occurs during the Near Future under the SSP5-8.5 scenario, with SPI-1 reaching 6.55% and SPI-3 reaching 4.17%. The dominant characteristic of projected droughts is short-term variability, as SPI-1 consistently exceeds SPI-3 across all scenarios, with a maximum ratio of 2.37:1 under SSP1-2.6 in the Near Future. However, in the Far Future under SSP2-4.5, this ratio converges toward 1:1 (1.33:1), indicating a tendency for short-term droughts to intensify and transition into cumulative medium-term droughts over the long run. Consequently, the basin requires immediate flash drought response measures in the near term and long-term structural planning to address increasingly prolonged drought durations. These findings provide a critical scientific foundation for establishing effective and sustainable drought-risk policy measures and water resource management planning in the Lower Xebang Hiang Watershed.

Keywords: Standardized Precipitation Index (SPI), GFDL-ESM4, SSP Scenarios

Article Info:

Submitted: January 17, 2026

Revised: July 15, 2026

Accepted: July 30, 2026

1. ພາກສະເໜີ

ການປ່ຽນແປງຂອງດິນຟ້າອາກາດ (Climate Change) ຖືກຍອມຮັບວ່າເປັນສິ່ງທ້າທາຍທີ່ຮຸນແຮງທີ່ສຸດໃນສັດຕະວັດທີ 21 ໂດຍສົ່ງຜົນກະທົບໂດຍກົງຕໍ່ວົງຈອນອຸທົກກະວິທະຍາ ແລະ ຄວາມໝັ້ນຄົງຂອງຊັບພະຍາກອນນ້ຳທົ່ວໂລກ (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021; UN- Water, 2018). ການປ່ຽນແປງຂອງຮູບແບບປະລິມານນ້ຳຝົນ ແລະ ອຸນຫະພູມທີ່ສູງຂຶ້ນ ບໍ່ພຽງແຕ່ເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຜັນຜວນຂອງລະດັບນ້ຳ Epic ເທົ່ານັ້ນ ແຕ່ຍັງເພີ່ມຄວາມຖີ່ ແລະ ຄວາມຮຸນແຮງຂອງປະກົດການສະພາບອາກາດແບບສຸດຂີດ (Extreme Weather Events) ໂດຍສະເພາະແມ່ນໄພແຫ້ງແລ້ງ ເຊິ່ງເປັນໄພພິບັດທີ່ສົ່ງຜົນກະທົບເປັນວົງກວ້າງຕໍ່ລະບົບນິເວດ, ຜົນຜະລິດທາງການກະສິກໍາ ແລະ ສະຖຽນລະພາບທາງດ້ານ

ເສດຖະກິດ-ສັງຄົມ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຄາດຄະເນ ແລະ ປະເມີນຄວາມສ່ຽງຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດຈຶ່ງເປັນພື້ນຖານທີ່ສໍາຄັນໃນການວາງແຜນການບໍລິຫານຈັດການຊັບພະຍາກອນນ້ຳ ແລະ ກໍານົດມາດຕະການປັບຕົວຢ່າງມີປະສິດທິຜົນ.

ເຂດຕອນລຸ່ມຂອງອ່າງຮັບນ້ຳເຊບັ້ງຫຼວງ ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ ເປັນຈຸດຍຸດທະສາດການຜະລິດເຂົ້າຂອງລາວ, ແຕ່ມີຄວາມເບາະບາງສູງຕໍ່ "ຝົນຖ້ືມຊ່ວງ". ລະບົບການຜະລິດກະສິກໍາໃນພື້ນທີ່ສ່ວນໃຫຍ່ຍັງອີງໃສ່ປະລິມານນ້ຳຝົນຕາມທຳມະຊາດເປັນຫຼັກ ເຮັດໃຫ້ມີຄວາມສ່ຽງສູງຕໍ່ການຂາດແຄນນ້ຳໃນຊ່ວງລະດູແລ້ງ ດັ່ງທີ່ເຄີຍປາກົດໃນເຫດການໄພແຫ້ງແລ້ງໃນໄລຍະຜ່ານມາ (Anothai et al., 2024). ເຖິງແມ່ນວ່າມີການສຶກສາໄພແຫ້ງແລ້ງໃນລະດັບພາກພື້ນແມ່ນ້ຳຂອງມາແລ້ວ (Shrestha & Upadhyay, 2024), ແຕ່ການວິເຄາະທີ່ສະເພາະເຈາະຈົງໃນລະດັບອ່າງຮັບນ້ຳຍ່ອຍ ໂດຍນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນທີ່ທັນສະໄ

ໝາຍໃຕ້ສະຖານະການການປ່ອຍອາຍພິດເຮືອນແກ້ວລຸ້ນໃໝ່ຍັງມີຈຳກັດ. ຂໍ້ຈຳກັດຂອງການຄົ້ນຄວ້າໃນໄລຍະຜ່ານມາສ່ວນໃຫຍ່ແມ່ນການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງໃນຍຸກກ່ອນ ຫຼື ໄລຍະການສ້າງພາບຈຳລອງແບບ Representative Concentration Pathways (RCPs) ເຊິ່ງອາດບໍ່ສະທ້ອນເຖິງການສະແດງອອກຂອງສະພາບເສດຖະກິດ ແລະ ສັງຄົມທີ່ປ່ຽນແປງໄປໃນປັດຈຸບັນ.

ເພື່ອຕື່ມເຕັມຊ່ອງຫວ່າງທາງການວິໄຈ (Research Gap) ດັ່ງກ່າວ, ການສຶກສານີ້ຈຶ່ງໄດ້ນຳໃຊ້ຊຸດແບບຈຳລອງລະບົບໂລກລຸ້ນຫຼ້າສຸດ (CMIP6) ຄື GFDL-ESM4 (Dunne et al., 2020) ແລະ ສະຖານະການເສັ້ນທາງເສດຖະກິດ-ສັງຄົມ (Shared Socioeconomic Pathways: SSPs) ເພື່ອວິເຄາະພາບຈຳລອງໃນອະນາຄົດ ຂອງການປ່ຽນແປງພູມອາກາດ ໃນໄລຍະຍາວຈົນເຖິງທ້າຍສະຕະວັດທີ 21. ສະຖານະການທີ່ນຳມາພິຈາລະນາປະກອບມີ:

- **SSP1-2.6:** ພາບຈຳລອງການພັດທະນາແບບຍືນຍົງ (Sustainable Path) ທີ່ຄາດການວ່າອຸນຫະພູມຈະເພີ່ມຂຶ້ນປະມານ 1.8 ອົງສາເຊລຊຸດໃນປີ 2100.
- **SSP2-4.5:** ພາບຈຳລອງແບບເກີດຂຶ້ນຕາມປົກກະຕິ (Middle of the Road) ທີ່ຄາດການວ່າອຸນຫະພູມຈະເພີ່ມຂຶ້ນປະມານ 2.7 ອົງສາເຊ.
- **SSP5-8.5:** ພາບຈຳລອງການພັດທະນາທີ່ເນັ້ນການນຳໃຊ້ຜະລິດຊີວະສັດຊີວະໜາດໃຫຍ່ (Fossil-fueled Development) ເຊິ່ງອາດເຮັດໃຫ້ອຸນຫະພູມສູງຂຶ້ນເຖິງ 4.4 ອົງສາເຊ (IPCC, 2021). ຮູບທີ 1

ການວິໄຈຄັ້ງນີ້ມີຈຸດປະສົງຫຼັກ 3 ປະການ ຄື: (1) ເພື່ອຄາດຄະເນການປ່ຽນແປງຂອງປະລິມານນ້ຳຝົນໃນພື້ນທີ່ເຂດຕອນລຸ່ມນ້ຳເຊບັ້ງຫຼຽງ ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP126, SSP245 ແລະ SSP585 ທັງໃນໄລຍະອະນາຄົດອັນໃກ້ (2023–2050) ແລະ ອະນາຄົດອັນໄກ (2051–2100); (2) ເພື່ອປະເມີນຄວາມຖີ່ ແລະ ແນວໂນ້ມຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງອຸຕຸນິຍົມວິທະຍາ ໂດຍໃຊ້ດັດຊະນີປະລິມານນ້ຳຝົນມາດຕະຖານ (SPI) ໃນຊ່ວງເວລາສະສົມ 1 ເດືອນ (SPI-1), 3 ເດືອນ (SPI-3) ແລະ 6 ເດືອນ (SPI-6) (McKee et al., 1993); ແລະ (3) ເພື່ອສະເໜີແນະນາດຕະການປັບຕົວທີ່ເໝາະສົມ ເພື່ອເປັນແນວທາງໃນການບໍລິຫານຈັດການຊັບພະຍາກອນນ້ຳຢ່າງຍືນຍົງ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຜົນກະທົບຈາກໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ທີ່ຕັ້ງ ແລະ ຂອບເຂດພື້ນທີ່ສຶກສາ

ພື້ນທີ່ສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນເຂດຕອນລຸ່ມຂອງອ່າງຮັບນ້ຳເຊບັ້ງຫຼຽງ ເຊິ່ງເປັນໜຶ່ງໃນສາຂາທີ່ສຳຄັນທີ່ສຸດຂອງແມ່ນ້ຳຂອງໃນ ສປປ ລາວ. ພູມສັນຖານຂອງພື້ນທີ່ຕອນລຸ່ມສ່ວນໃຫຍ່ເປັນທີ່ຮາບພຽງ (Floodplain), ເຊິ່ງມີລັກສະນະທາງອຸທິກກະວິທະຍາທີ່ອ່ອນໄຫວຕໍ່ກັບທັງໄພນ້ຳຖ້ວມ ແລະ ໄພແຫ້ງແລ້ງ. ແມ່ນ້ຳເຊບັ້ງຫຼຽງເປັນແຫຼ່ງນ້ຳ

ສາຍຫຼັກທີ່ຫຼໍ່ລ້ຽງກິດຈະກຳທາງເສດຖະກິດ ແລະ ການກະສິກຳ ກ່ອນທີ່ຈະໄຫຼລົງສູ່ແມ່ນ້ຳຂອງ. ຕາມການກຳນົດຂອບເຂດທາງພູມສາດ, ພື້ນທີ່ສຶກສາກວມເອົາ 8 ເມືອງຂອງແຂວງສະຫວັນນະເຂດ ໄດ້ແກ່: ນະຄອນໄກສອນພົມວິຫານ, ເມືອງອຸທຸມພອນ, ເມືອງອາດສະພັງທອງ, ເມືອງຈຳພອນ, ເມືອງໄຊພູທອງ, ເມືອງພະລານໄຊ, ເມືອງຊົນນະບູລີ ແລະ ເມືອງສອງຄອນ (ພະແນກຊັບພະຍາກອນທຳມະຊາດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ, 2022).

ໃນດ້ານເສດຖະກິດ-ສັງຄົມ, ປະຊາກອນສ່ວນໃຫຍ່ໃນເຂດຕອນລຸ່ມນ້ຳເຊບັ້ງຫຼຽງປະກອບອາຊີບກະສິກຳເປັນຕົ້ນຕໍ ໂດຍມີການປູກເຂົ້ານາປີ ແລະ ນາແຊງເປັນພືດເສດຖະກິດຫຼັກ. ຜົນຜະລິດກະສິກຳໃນພື້ນທີ່ນີ້ມີຄວາມອ່ອນໄຫວສູງ (High Sensitivity) ຕໍ່ຄວາມຜັນຜວນຂອງປະລິມານນ້ຳຝົນ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມຊື່ນໃນດິນ. ດັ່ງນັ້ນ, ການປະເມີນຄວາມສ່ຽງໄພແຫ້ງແລ້ງຈຶ່ງມີຄວາມສຳຄັນໂດຍກົງຕໍ່ຄວາມໝັ້ນຄົງທາງດ້ານອາຫານ ແລະ ການພັດທະນາເສດຖະກິດ-ສັງຄົມຂອງແຂວງສະຫວັນນະເຂດຢ່າງຍືນຍົງ.

1.2 ຂໍ້ມູນທີ່ໃຊ້ໃນການສຶກສາ

ຂໍ້ມູນປະລິມານນ້ຳຝົນ (Pr) ທີ່ນຳໃຊ້ໃນການສຶກສານີ້ ແມ່ນໄດ້ມາຈາກການດຶງຂໍ້ມູນ ແລະ ວິເຄາະຜົນຈາກແບບຈຳລອງສະພາບອາກາດໂລກ (Global Climate Models: GCMs) ພາຍໃຕ້ໂຄງການ CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), ເຊິ່ງເປັນຊຸດຂໍ້ມູນການພະຍາກອນອາກາດຫຼ້າສຸດທີ່ໄດ້ຮັບການຍອມຮັບໃນລະດັບສາກົນ (Eyring et al., 2016; ກົມແຜນທີ່ແຫ່ງຊາດ, 2024). (ຕາຕະລາງທີ 1):

ການວິເຄາະ ແລະ ພະຍາກອນໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອ່າງຮັບນ້ຳເຊບັ້ງຫຼຽງຕອນລຸ່ມ ໄດ້ແບ່ງຊ່ວງເວລາໃນການສຶກສາອອກເປັນ 2 ໄລຍະ ເພື່ອປຽບທຽບແນວໂນ້ມການປ່ຽນແປງ:

- ອະນາຄົດອັນໃກ້ (Near Future): ກຳນົດຊ່ວງເວລາ 28 ປີ, ເລີ່ມແຕ່ປີ 2023–2050.
- ອະນາຄົດອັນໄກ (Far Future): ກຳນົດຊ່ວງເວລາ 50 ປີ, ເລີ່ມແຕ່ປີ 2051–2100

1.3 ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ໃນການສຶກສາ

ການສຶກສາໄດ້ນຳໃຊ້ 3 ເຄື່ອງມືຫຼັກ ຄື:

1) ArcGIS (Geographic Information System): ນຳໃຊ້ເພື່ອການຈັດການຂໍ້ມູນທາງພື້ນທີ່ (Spatial Data Management), ການວິເຄາະ ແລະ ການສ້າງແຜນທີ່ສະແດງລະດັບຄວາມສ່ຽງຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນແຕ່ລະໄລຍະ.

2) SPI Software/Calculation Tools: ນຳໃຊ້ສຳລັບຄຳນວນດັດຊະນີປະລິມານນ້ຳຝົນມາດຕະຖານ (Standardized Precipitation Index) ໃນສະເກລເວລາຕ່າງໆ (SPI-1, SPI-3, SPI-6) ຕາມຫຼັກການຂອງ McKee et al. (1993).

3) Python Programming (Anaconda & Spyder): ນຳໃຊ້ໃນການດຶງຂໍ້ມູນ, ວິເຄາະ, ການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນຂະໜາດໃຫຍ່ຈາກແບບຈຳລອງ GCMs ແລະ ການຈັດການຮູບແບບຂໍ້

ມູນ (Data Manipulation) ເພື່ອໃຫ້ພ້ອມສໍາລັບການວິເຄາະທາງສະຖິຕິ.

2.4 ວິທີການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ຂະບວນການວິໄຈໃນຄັ້ງນີ້ເນັ້ນການປະເມີນສະຖານະການໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດ ໂດຍແບ່ງອອກເປັນ 3 ຂັ້ນຕອນຫຼັກ ຄື: ການກະກຽມຂໍ້ມູນສະພາບອາກາດຈາກແບບຈຳລອງ CMIP6, ການຄຳນວນດັດຊະນີ SPI ແລະ ການວິເຄາະຄວາມຖີ່ຂອງການເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ ໂດຍມີລາຍລະອຽດດັ່ງນີ້:

2.4.1 ການກະກຽມຂໍ້ມູນປະລິມານນໍ້າຝົນຈາກແບບຈຳລອງ (Climate Modeling & Data Acquisition)

ການສຶກສານີ້ນໍາໃຊ້ຂໍ້ມູນປະລິມານນໍ້າຝົນຈາກແບບຈຳລອງສະພາບອາກາດໂລກ (Global Climate Model: GCM) ຄື **GFDL-ESM4** ເຊິ່ງເປັນສ່ວນໜຶ່ງຂອງໂຄງການ CMIP6 (Held et al., 2019). ຂໍ້ມູນດັ່ງກ່າວໄດ້ມາຈາກການສາຍພາບພາຍໃຕ້ສະຖານະການເສັ້ນທາງເສດຖະກິດ-ສັງຄົມ (Shared Socioeconomic Pathways: SSPs) 3 ກໍລະນີ ໄດ້ແກ່ SSP1-2.6, SSP2-4.5 ແລະ SSP5-8.5 (O'Neill et al., 2016).

ເນື່ອງຈາກຂໍ້ມູນຈາກ GCM ມີຄວາມລະອຽດທາງພື້ນທີ່ຕໍ່າ (Spatial Resolution), ເພື່ອໃຫ້ເໝາະສົມກັບການວິເຄາະໃນລະດັບອ່າງຮັບນໍ້າຢ່ອຍເຊບັ້ງຫຼຽງ, ຈຶ່ງໄດ້ນໍາໃຊ້ເຕັກນິກ Dynamical Downscaling ຜ່ານແບບຈຳລອງສະພາບອາກາດລະດັບພາກພື້ນ (Regional Climate Models: RCMs). ເຕັກນິກນີ້ຊ່ວຍໃຫ້ການປະເມີນຜົນກະທົບມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືຫຼາຍຂຶ້ນໃນລະດັບທ້ອງຖິ່ນ (Feser et al., 2022). ຜົນລັບທີ່ໄດ້ຈາກຂັ້ນຕອນນີ້ແມ່ນ ຊຸດຂໍ້ມູນປະລິມານນໍ້າຝົນປະຈຳເດືອນ $P_{i,j}$ ທີ່ມີຄວາມລະອຽດສູງສໍາລັບແຕ່ລະສະຖານະການ SSP ໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ (2023-2050) ແລະ ອະນາຄົດອັນໄກ (2051-2100). ໂດຍທີ່ $P_{i,j}$ ແມ່ນປະລິມານນໍ້າຝົນໃນເດືອນ i ຂອງປີ j , ເຊິ່ງພ້ອມທີ່ຈະໃຊ້ໃນການຄິດໄລ່ດັດຊະນີ SPI ຕໍ່ໄປ.

2.4.2 ການຄຳນວນດັດຊະນີໄພແຫ້ງແລ້ງ SPI

ດັດຊະນີປະລິມານນໍ້າຝົນມາດຕະຖານ (Standardized Precipitation Index: SPI) ຖືກນໍາໃຊ້ເພື່ອວັດແທກຄວາມປ່ຽນແປງຂອງປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມທຽບກັບຄ່າປົກກະຕິທາງສະຖິຕິ (McKee et al., 1993). ການຄຳນວນ SPI ປະກອບມີຂັ້ນຕອນດັ່ງນີ້:

2.4.2.1 ການຄຳນວນປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມ ແລະ ການໃຊ້ຄ່າພາລາມິຕີ Gamma

1) ປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມ (X): ຄຳນວນປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມ k ເດືອນ ($X_{m,k}$) $k=1,3,6$ ໂດຍການລວມຈາກຊຸດຂໍ້ມູນປະລິມານນໍ້າຝົນປະຈຳເດືອນ $P_{i,j}$ ທີ່ໄດ້ຈາກຂັ້ນຕອນການປັບຫຼຸດຂະໜາດຂໍ້ມູນ (Downscaling) ໃນຂໍ້ 2.4.1 ດັ່ງສົມຜົນ (1) ລຸ່ມນີ້:

$$X_{(m,k)} = \sum_{n=1}^{k-1} P_{m-n,j} \quad (1)$$

ໂດຍທີ່:

$X_{(m,k)}$ ແມ່ນ ປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມໃນເດືອນ m ຂອງປີ j ທີ່ມີຊ່ວງເວລາສະສົມ k ເດືອນ ແລະ P ແມ່ນ ປະລິມານນໍ້າຝົນປະຈຳເດືອນ ທີ່ໄດ້ມາຈາກແບບຈຳລອງ CMIP6.

2) ຝັງຊັນ Gamma PDF: ປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມ (x) ຖືກສົມມຸດໃຫ້ມີການແຈກຢາຍຕາມຝັງຊັນຄວາມໜ້າເໝາະສົມຂອງຄວາມໜ້າຈະເປັນຂອງແກມມາ Gamma Distribution (Guttman, 1998)

$$g_{(x)} = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (2)$$

ເມື່ອ $x > 0$

ໂດຍທີ່: $\alpha > 0, \beta > 0$ ແລະ $x > 0$

α ແມ່ນ shape parameter

β ແມ່ນ scale parameter

X ແມ່ນ ປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມ ($X_{m,k}$)

3) $\Gamma(\alpha)$ ຄືຝັງຊັນ (gamma function) ຊຶ່ງສາມາດຄຳນວນໄດ້ດັ່ງສົມຜົນທີ (2)

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (3)$$

ການຄຳນວນຄ່າ Standardized Precipitation Index (SPI) ເປັນການຊ້ອນທັບກັນລະຫວ່າງຄວາມໜ້າເໝາະສົມຂອງຄວາມເປັນໄປໄດ້ຂອງແກມມາ (gamma) ກັບການແຈກຢາຍຄວາມຖີ່ຂອງຝົນໃນແຕ່ລະສະຖານີ ໂດຍທີ່ພາລາມິຕີ shape parameter (α) ແລະ scale parameter (β). Thom, (1966) ແລະ Greenwood & Durand, (1960) ໄດ້ເລືອກໃຊ້ວິທີການແກ້ບັນຫາດ້ວຍວິທີຄວາມເປັນໄປໄດ້ສູງສຸດ (Maximum likelihood) ເພື່ອຫາຄ່າພາລາມິຕີດັ່ງກ່າວດັ່ງສົມຜົນ (3) ແລະ (4).

ໂດຍຄ່າປະມານຂອງ:

- ຕົວແປຊ່ວຍໃນການປະມານຄ່າພາລາມິຕີ (A)

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (4)$$

- ຄ່າປະມານຂອງ $\hat{\alpha}$ (shape parameter)

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (5)$$

- ຄ່າປະມານຂອງ $\hat{\beta}$ (scale parameter)

$$\bar{x} = \hat{\beta} \hat{\alpha} \Rightarrow \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (6)$$

2.4.2.2 ການປ່ຽນເປັນ Standardized Precipitation Index (SPI)

1) ຄວາມໜ້າຈະເປັນສະສົມທີ່ປັບແກ້ $H_{(x)}$: ຄຳນວນຄວາມໜ້າຈະເປັນສະສົມ $G_{(x)}$ ຂອງປະລິມານນໍ້າຝົນສະສົມໃນອະນາຄົດ X ດ້ວຍພາລາມິຕີ β ແລະ α ຈາກນັ້ນປັບແກ້ຄວາມໜ້າຈະເປັນທີ່ຜົນເປັນສູນ q

$$H_{(x)} = q + (1-q)G_{(x)} \quad (7)$$

2) ການແປງ $H_{(x)}$ ເປັນ SPI(Z): ນໍາຄ່າ $H_{(x)}$ ມາແປງເປັນຄ່າມາດຕະຖານ SPI(Z) ໂດຍໃຊ້ສົມຜົນການປະເມີນ Inverse

Normal CDF ຂອງ Abramowitz ແລະ Stegun (1965). ໂດຍມີຕົວແປຊ່ວຍ t :

- ຖ້າ $0 < H_{(x)} \leq 0.5$ ແຫ້ງແລ້ງ:

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H_{(x)}}\right)} \quad (8)$$

$$Z = \text{SPI} = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad (9)$$

- ຖ້າ $0.5 < H_{(x)} \leq 1$ ສະພາບປ່ຽນຊຸ່ມ:

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H_{(x)})}\right)} \quad (10)$$

$$Z = \text{SPI} = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad (11)$$

ໂດຍທີ່ຄ່າຄົງທີ່ທາງສະຖິຕິມີດັ່ງນີ້:

$$c_0 = 2.515517 \quad c_0 = 1.432788$$

$$c_1 = 0.802853 \quad c_1 = 0.189269$$

$$c_2 = 0.010328 \quad c_2 = 0.001308$$

2.4.2.3 ການວິເຄາະຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ

1) ການກຳນົດເກນໄພແຫ້ງແລ້ງ (Drought Threshold Definition): ການສຶກສານີ້ໄດ້ກຳນົດພາວະໄພແຫ້ງແລ້ງໂດຍອີງຕາມຄ່າດັດຊະນີ (SPI ≤ -1.0), ເກນດັ່ງກ່າວໝາຍເຖິງການເລີ່ມຕົ້ນຂອງສະພາວະທີ່ປະລິມານນ້ຳຝົນໜ້ອຍກວ່າຄ່າສະເລ່ຍຢ່າງເປັນລະບົບ, ເຊິ່ງກວມເອົາ 3 ລະດັບຄວາມຮຸນແຮງ ດັ່ງນີ້:

- ໄພແຫ້ງແລ້ງປານກາງ (Moderate Drought): ຄ່າ SPI ຢູ່ລະຫວ່າງ -1.00 ຫາ -1.49.
- ໄພແຫ້ງແລ້ງຮຸນແຮງ (Severe Drought): ຄ່າ SPI ຢູ່ລະຫວ່າງ -1.50 ຫາ -1.99.
- ໄພແຫ້ງແລ້ງຮຸນແຮງທີ່ສຸດ (Extreme Drought): ຄ່າ SPI ຢູ່ໃນລະຫວ່າງເທົ່າ -2.00 ນ້ອຍກວ່າ 2.00 (McKee et al., 1993).

2) ການກຳນົດຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງເປັນເປີເຊັນ (Drought Frequency Calculation): ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງຈະຖືກຄຳນວນ ໂດຍການນັບຈຳນວນເດືອນທັງໝົດທີ່ມີຄ່າ SPI ຢູ່ໃນພາວະໄພແຫ້ງແລ້ງ (SPI ≤ -1.0) ພາຍໃຕ້ແຕ່ລະສະຖານະການ SSP ແລະ ຊ່ວງໄລຍະເວລາທີ່ໄດ້ສຶກສາ (ອະນາຄົດໃກ້ ແລະ ໄກ) ຈາກນັ້ນມາຫຼຸດກັບຈຳນວນເດືອນທັງໝົດໃນໄລຍະການວິເຄາະ Gebremedhin et al., (2018)

$$DF = \left(\frac{N_{\text{drought}}}{N_{\text{total}}}\right) \times 100$$

ໂດຍທີ່: N_{drought} : ຈຳນວນເດືອນທີ່ມີຄ່າ SPI ເທົ່າ -1.0 ແລະ ນ້ອຍກວ່າ -1.0 ໃນຊ່ວງສຶກສາ

N_{total} : ຈຳນວນເດືອນທັງໝົດ Near Future = 336 ເດືອນ ແລະ Far Future = 600 ເດືອນ

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ແມ່ນເນັ້ນໃສ່ການປະເມີນການປ່ຽນແປງຄວາມຖີ່ຂອງການເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງໃນພື້ນທີ່ເຂດຕອນລຸ່ມນ້ຳເຊບັ້ງຫຼາງ ແຂວງສະຫວັນນະເຂດ ສຳລັບຊ່ວງໄລຍະເວລາໃນອະນາຄົດ

ໂດຍການພິຈາລະນາຈາກດັດຊະນີ ໄລຍະສັ້ນ SPI-1, ໄລຍະກາງ SPI-3 ແລະ ໄລຍະຍາວ SPI-6.

3.1 ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ Near Future (2023-2050):

ຈາກການວິເຄາະຂໍ້ມູນ GFDL-ESM4 ພົບວ່າຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ ມີແນວໂນ້ມທີ່ຈະເພີ່ມຂຶ້ນໃນບາງສະຖານະການ, ໂດຍສະເພາະໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ SPI-1 ແລະ ໄລຍະກາງ SPI-3, (ຕາຕະລາງທີ 2 ແລະ ຮູບທີ 2):

ໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP1-2.6, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 14 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 6 ຄັ້ງ; ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP2-4.5, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 17 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 8 ຄັ້ງ; ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP5-8.5, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 22 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 14 ຄັ້ງ ແລະ ຄວາມຖີ່ໂດຍລວມມີຄ່າສູງຂຶ້ນຕາມສະຖານະການຕ່າງໄປ ຈົນເຖິງສູງ, ແຕ່ທາງກັບກັນໃນສະຖານະການ SSP5-8.5 ຄ່າໄລຍະສັ້ນ SPI-1 ຈະສູງກວ່າຄ່າ ໄລຍະກາງ SPI-3 ແລະ ໄລຍະຍາວແມ່ນບໍ່ພົບໄພແຫ້ງແລ້ງ.

3.2 ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ Far Future (2051-2100):

ຈາກການວິເຄາະຂໍ້ມູນ GFDL-ESM4 ພົບວ່າຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ ມີແນວໂນ້ມທີ່ຈະເພີ່ມຂຶ້ນໃນບາງສະຖານະການ, ໂດຍສະເພາະໃນໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ SPI-1 ແລະ ໄລຍະກາງ SPI-3, (ຕາຕະລາງທີ 3, ຮູບທີ 3):

ໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP1-2.6, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 27 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 13 ຄັ້ງ; ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP2-4.5, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 20 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 15 ຄັ້ງ; ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP5-8.5, SPI-1 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 34 ຄັ້ງ, SPI-3 ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ 22 ຄັ້ງ, ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ SPI-1 ແນວໂນ້ມທີ່ໜ້າສົນໃຈ, ໂດຍ SSP5-8.5 ມີຄວາມຖີ່ສູງສຸດ, ແຕ່ SSP2-4.5 ມີຄວາມຖີ່ຕ່ຳກວ່າ SSP1-2.6 ເລັກນ້ອຍ, ເຊິ່ງຊີ້ບອກເຖິງຄວາມຜັນຜວນຂອງຮູບແບບນ້ຳຝົນທີ່ຊັບຊ້ອນໃນແຕ່ລະສະຖານະການ ແລະ ຊ່ວງເວລາ ແລະ ໄລຍະຍາວແມ່ນບໍ່ພົບໄພແຫ້ງແລ້ງ.

- ຊ່ວງເວລາທີ່ເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ: ຈາກຂໍ້ມູນທັງໝົດ 936 ເດືອນ, ພົບວ່າເຫດການໄພແຫ້ງແລ້ງສ່ວນໃຫຍ່ມັກເກີດຂຶ້ນໃນຊ່ວງເດືອນ ພຶດສະພາ ຫາ ເດືອນກັນຍາ. ນີ້ແມ່ນຈຸດທີ່ໜ້າກັງວົນຫຼາຍ ເພາະເປັນຊ່ວງລະດູຝົນ ແລະ ລະດູການຜະລິດກະສິກຳຫຼັກ (ນາປີ) ຂອງແຂວງສະຫວັນນະເຂດ.

- ປະເພດຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ: ບັນຫາຫຼັກໃນເຂດຕອນລຸ່ມນ້ຳເຊບັ້ງຫຼາງແມ່ນ ໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ (SPI-1) ແລະ ໄລຍະກາງ (SPI-3). ການທີ່ບໍ່ພົບໄພແຫ້ງແລ້ງໃນລະດັບ SPI-6 ຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າພື້ນທີ່ນີ້ອາດຈະບໍ່ປະເຊີນກັບການຂາດແຄນນ້ຳສະສົມໃນໄລຍະຍາວ

(ເຊັ່ນ ໄພແຫ້ງແລ້ງອຸທິກກະວິທະຍາທີ່ແກ່ຍາວຂ້າມປີ), ແຕ່ຈະປະເຊີນກັບ "ຝົນຖີ່ມຸຊ່ວງ" ຫຼື ການຂາດແຄນນ້ຳຢ່າງກະທັນຫັນໃນບາງເດືອນ ເຊິ່ງສິ່ງຜົນກະທົບໂດຍກົງຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ.

- ຄວາມຈຳເປັນໃນການປັບຕົວ: ສະຖານະການ SSP5-8.5 ແມ່ນກໍລະນີທີ່ຕ້ອງເຝົ້າລະວັງສູງສຸດ ເນື່ອງຈາກໃຫ້ຄ່າຄວາມຖີ່ສູງສຸດໃນທຸກຊ່ວງເວລາ. ຝົນໄດ້ຮັບນີ້ເນັ້ນໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມຮີບດ່ວນໃນການວາງແຜນມາດຕະການປັບຕົວ ເຊັ່ນ: ການສ້າງອ່າງເກັບນ້ຳຂະໜາດນ້ອຍໃນໄຮ່ນ້ຳ ຫຼື ການປ່ຽນແປງປະຕິບັດການປູກຝັງ ເພື່ອຫຼີກລ່ຽງໄລຍະເດືອນທີ່ມີຄວາມສຽງໄພແຫ້ງແລ້ງສູງ.

4. ວິພາກຜົນ

4.1 ການປຽບທຽບຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດ

ການວິເຄາະຊຸດຂໍ້ມູນຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງຄ່າຂອງ (SPI ເທົ່າ -1.0 ແລະ ນ້ອຍກວ່າ -1.0) ໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາ Near Future ແລະ Far Future ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງຮູບແບບການປ່ຽນແປງຄວາມສຽງໄພແຫ້ງແລ້ງທີ່ຊັດເຈນ ໂດຍສະເພາະແມ່ນຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ(SPI-1) ແລະ ໄລຍະກາງ(SPI-3), (ຕາຕະລາງທີ 4):

4.1.1 ແນວໂນ້ມຄວາມສຽງຫຼັກຕາມຊ່ວງໄລຍະເວລາໃນອະນາຄົດປັບ

1. ຄວາມສຽງໄພແຫ້ງແລ້ງທັງໝົດເພີ່ມຂຶ້ນໃນອະນາຄົດໃກ້.

ຜົນການວິໄຈພົບວ່າ ໃນໄລຍະອະນາຄົດອັນໄກ (Far Future: 2051-2100), ຝື່ນທີ່ສຶກສາມີທ່າອ່ຽງຈະປະເຊີນກັບໄພແຫ້ງແລ້ງທີ່ມີຄວາມຖີ່ເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຈະແຈ້ງ ໂດຍສະເພາະພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP5-8.5 ທີ່ຄວາມຖີ່ຂອງ SPI-1 ສູງເຖິງ 34 ຄັ້ງ (5.78%). ຜົນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ ສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Huang (2016) ທີ່ໄດ້ສຶກສາໃນອ່າງແມ່ນ້ຳ Langat (ປະເທດມາເລເຊຍ) ເຊິ່ງພົບວ່າພາຍໃຕ້ສະຖານະການການປ່ອຍກ້າສເຮືອນແກ້ວໃນລະດັບສູງ (RCP 8.5/SSP5-8.5), ຄວາມຮຸນແຮງ ແລະ ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງຈະເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລຳດັບ ເນື່ອງຈາກຄວາມຜັນຜວນຂອງປະລິມານນ້ຳຝົນໃນອະນາຄົດ.

2. ຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງ SPI-1 ແລະ SPI-3 ຜົນການຄົ້ນຄວ້າຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ (SPI-1) ມີຄ່າສູງກວ່າໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະກາງ (SPI-3) ໃນທຸກສະຖານະການ. ສິ່ງນີ້ສະທ້ອນໃຫ້ເຫັນວ່າ ຝື່ນທີ່ຕອນລຸ່ມເຊບັງຫຼາງ ຈະປະເຊີນກັບສະພາວະການຂາດແຄນພືດແບບກະທັນຫັນ ຫຼື ຝົນຖີ່ມຸຊ່ວງໃນໄລຍະສັ້ນທີ່ຖີ່ຂຶ້ນ. ເຊິ່ງຜົນດັ່ງກ່າວ ສອດຄ່ອງກັບທິດສະດີການຄຳນວນປະລິມານນ້ຳຝົນຂອງ Guttman (1999) ທີ່ລະບຸວ່າ ດັດຊະນີ SPI ໃນໄລຍະເວລາສັ້ນ (Short-term time scales) ຈະມີຄວາມຜັນຜວນສູງ ແລະ ສາມາດກວດຈັບການເລີ່ມຕົ້ນຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ (Drought Onset) ໄດ້ໄວກວ່າໄລຍະຍາວ. ນອກຈາກນີ້, ຍັງສອດຄ່ອງກັບການຄາດຄະເນຂອງ IPCC (2021). ທີ່ລະບຸວ່າ ການປ່ຽນແປງດິນຟ້າອາກາດຈະເຮັດໃຫ້ຮູບແບບການຕົກຂອງພືດໃນພາກພື້ນອາຊີຕາເວັນອອກສຽງໃຕ້ມີຄວາມບໍ່ແນ່ນອນສູງຂຶ້ນ.

3. ຜົນການສຶກສາທີ່ຊີ້ໃຫ້ເຫັນເຖິງການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງຄວາມຖີ່ໄພແຫ້ງແລ້ງໃນທຸກສະຖານະການ (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) ແມ່ນສອດຄ່ອງກັບສະພາວະຕົວຈິງຂອງວິກິດການໄພແຫ້ງແລ້ງໃນ ສປປ ລາວ ສົກປີ 2019-2020. ໃນໄລຍະດັ່ງກ່າວ, ປະລິມານນ້ຳຝົນທີ່ຕົກຕໍ່າກວ່າເກນປົກກະຕິໄດ້ສົ່ງຜົນໃຫ້ລະດັບນ້ຳໃນແມ່ນ້ຳຂອງ ແລະ ລຳນ້ຳສາຂາຫຼຸດລົງຢ່າງວິກິດ, ສ້າງຄວາມເສຍຫາຍຢ່າງຫຼວງຫຼາຍຕໍ່ຂະແໜງການກະສິກຳ ແລະ ການຜະລິດພະລັງງານ (MRC, 2019). ດັ່ງນັ້ນ, ຂໍ້ມູນຄວາມຖີ່ SPI ຈາກການສຶກສານີ້ ຈຶ່ງເປັນຖານຂໍ້ມູນວິທະຍາສາດທີ່ສຳຄັນໃນການພັດທະນາລະບົບເຕືອນໄພລ່ວງໜ້າ (Early Warning System) ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນຄວາມສຽງໃນອະນາຄົດ

5. ສະຫຼຸບ

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໄດ້ວິເຄາະແນວໂນ້ມຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນຝື່ນທີ່ເຂດຕອນລຸ່ມນ້ຳເຊບັງຫຼາງ ໂດຍນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງ GFDL-ESM4 ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP1-2.6, SSP2-4.5 ແລະ SSP5-8.5. ຂໍ້ຄົ້ນພົບທີ່ສຳຄັນສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ດັ່ງນີ້:

1. ທ່າອ່ຽງຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນໄລຍະອະນາຄົດ: ຜົນການວິເຄາະຢັ້ງຊື່ວ່າ ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງມີແນວໂນ້ມເພີ່ມຂຶ້ນຕາມລະດັບຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງການປ່ອຍກ້າສເຮືອນແກ້ວ. ໃນໄລຍະອະນາຄົດອັນໄກ (2023–2050), ສະຖານະການ SSP5-8.5 ຈະປະເຊີນກັບໄພແຫ້ງແລ້ງສູງທີ່ສຸດ ໂດຍມີຄວາມຖີ່ SPI-1 ເທົ່າກັບ 22 ຄັ້ງ (6.55%) ແລະ SPI-3 ເທົ່າກັບ 14 ຄັ້ງ (4.17%). ທ່າອ່ຽງດັ່ງກ່າວຍັງຄົງເພີ່ມສູງຂຶ້ນຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງໃນໄລຍະອະນາຄົດອັນໄກ (2051–2100), ເຊິ່ງຄວາມຖີ່ SPI-1 ຈະເພີ່ມຂຶ້ນເປັນ 34 ຄັ້ງ (5.78%) ແລະ SPI-3 ເປັນ 22 ຄັ້ງ (3.74%).

2. ລັກສະນະເດັ່ນຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງແບບສັບຝັນ (Flash Drought): ຂໍ້ຄົ້ນພົບທີ່ສຳຄັນແມ່ນ ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ (SPI-1) ມີອັດຕາການເກີດສູງກວ່າໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະກາງ (SPI-3) ໃນທຸກສະຖານະການ, ໂດຍສະເພາະໃນ SSP1-2.6 ທີ່ມີອັດຕາສ່ວນສູງເຖິງ 2.37 : 1. ສິ່ງນີ້ສະທ້ອນໃຫ້ເຫັນວ່າ ຝື່ນທີ່ສຶກສາມີຄວາມອ່ອນໄຫວສູງຕໍ່ຄວາມຜັນຜວນຂອງປະລິມານນ້ຳຝົນລາຍເດືອນ ຫຼື ພາວະຝົນຖີ່ມຸຊ່ວງກະທັນຫັນ ເຊິ່ງສິ່ງຜົນກະທົບໂດຍກົງຕໍ່ຄວາມຊຸ່ມຊື່ນໃນດິນ ແລະ ເປັນໄພຂົ່ມຂູ່ຕໍ່ຮອບວຽນການຜະລິດກະສິກຳ.

3. ການປ່ຽນແປງຮູບແບບສູ່ໄພແຫ້ງແລ້ງສະສົມໃນໄລຍະຍາວ: ໃນໄລຍະອະນາຄົດອັນໄກ (2051–2100), ຮູບແບບຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງມີທ່າອ່ຽງປ່ຽນແປງໄປສູ່ຄວາມຍືດເຍື້ອຫຼາຍຂຶ້ນ. ໂດຍສະເພາະໃນສະຖານະການ SSP2-4.5, ອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງ SPI-1 ຕໍ່ SPI-3 ມີຄ່າເຂົ້າໃກ້ກັນ (1.33 : 1), ເຊິ່ງໝາຍເຖິງການພັດທະນາຈາກໄພແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ ໄປສູ່ໄພແຫ້ງແລ້ງສະສົມທີ່ຍາວນານ. ສະພາວະດັ່ງກ່າວຈະສົ່ງຜົນກະທົບໂດຍກົງຕໍ່ປະລິມານນ້ຳສຳຮອງໃນອ່າງເກັບນ້ຳ ແລະ ລະດັບນ້ຳໃຕ້ດິນໃນໄລຍະຍາວ.

ຂໍ້ສະເໜີແນະ

ບົນພື້ນຖານຂອງຂໍ້ຄົ້ນພົບ, ການສຶກສານີ້ມີຂໍ້ສະເໜີແນະ ເພື່ອການປັບຕົວ ແລະ ຄຸ້ມຄອງຄວາມສ່ຽງດັ່ງນີ້:

1. ຂໍ້ສະເໜີແນະ ດ້ານນະໂຍບາຍ ແລະ ມາດຕະການລ້ຽງ ດ່ວນ (Near Future):

- ການພັດທະນາລະບົບເຕືອນໄພລ່ວງໜ້າ: ເນື່ອງຈາກໄພ ແຫ້ງແລ້ງສັບພັນ (Flash Drought) ມີຄວາມຖີ່ສູງ, ຄວນມີການຕິດ ຕັ້ງລະບົບພະຍາກອນອາກາດທີ່ມີຄວາມລະອຽດສູງໃນລະດັບ 1-3 ເດືອນ ເພື່ອແຈ້ງເຕືອນຊາວກະສິກອນໃຫ້ກຽມພ້ອມຮັບມືກັບພາວະຝົນ ຖີ່ມຊ່ວງ.

- ການປັບປຸງເຕັກນິກການປູກຝັງ: ສົ່ງເສີມການນໍາໃຊ້ຜົນ ພຶດທີ່ທົນທານຕໍ່ຄວາມແຫ້ງແລ້ງໄລຍະສັ້ນ ແລະ ປັບປຸງປະຕິທິນການ ເພາະປູກໃຫ້ສອດຄ່ອງກັບການປ່ຽນແປງຂອງຝົນ ເພື່ອຫຼີກເວັ້ນຊ່ວງ ເດືອນທີ່ມີຄວາມສ່ຽງສູງ (ພຶດສະພາ-ກັນຍາ).

- ການຈັດການນໍ້າໃນລະດັບໄຮ່ນາ: ຊຸກຍູ້ການສ້າງໜອງ ນໍ້າປະຈໍາໄຮ່ນາ ຫຼື ລະບົບຊົນລະປະທານຂະໜາດນ້ອຍ ເພື່ອສໍາຮອງນໍ້າ ໄວ້ໃຊ້ໃນຊ່ວງທີ່ຝົນຂາດຊ່ວງ 1-2 ເດືອນ.

2. ຂໍ້ສະເໜີແນະ ການວາງແຜນດ້ານໂຄງສ້າງ ແລະ ການວາງ ແຜນໄລຍະຍາວ (Far Future):

- ການເພີ່ມຄວາມຍືດຍຸ່ນຂອງໂຄງສ້າງພື້ນຖານ: ຄວນ ທົບທວນຄວາມອາດສາມາດໃນການເກັບກັກນໍ້າຂອງອ່າງເກັບນໍ້າໃນ ເຂດເຊບັ້ງຫຼາງ ໃຫ້ສາມາດຮອງຮັບໄພແຫ້ງແລ້ງທີ່ອາດຈະຍຶດເຍື້ອຍາວ ນານຂຶ້ນໃນທ້າຍສະຕະວັດ.

- ການຄົ້ນຄວ້າໃນອະນາຄົດ: ສະເໜີໃຫ້ມີການສຶກສາ ເພີ່ມເຕີມໂດຍນໍາໃຊ້ດັດຊະນີ SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) ເພື່ອຝຶ ຈາລະນາຜົນກະທົບຈາກ ອຸນຫະພູມ ແລະ ການລະເຫີຍນໍ້າ ເຊິ່ງຈະຊ່ວຍໃຫ້ເຫັນພາບຄວາມຮຸນ ແຮງຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໄດ້ຊັດເຈນຂຶ້ນ ພາຍໃຕ້ສະຖານະການ SSP5- 8.5 (Vicente-Serrano et al., 2010).

7. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າ ໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນ ວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດ ແຍ່ງທາງດ້ານຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອຜົນ ປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງ ຜູ້ດຽວ.

8. ເອກະສານອ້າງອີງ

ກົມແຜນທີ່ແຫ່ງຊາດ. (2024). *ແບບຈໍາລອງຄວາມສູງ A Digital Elevation Model (DEM) ກະຊວງພາຍໃນ*.

ພະແນກຊັບພະຍາກອນທໍາມະຊາດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ ແຂວງສະຫວັນ ນະເຂດ. (2022). *ບົດລາຍງານສະພາບ ຊັບພະຍາກອນທໍາມະຊາດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ ປະຈໍາປີ 2022*. ກະຊວງຊັບພະຍາກອນທໍາມະຊາດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ.

Anothai, S., Xaypanya, P., Chanthavongsa, K., Kimmany, B., & Phetaoi, K. (2024). Assessment of area at risk of flood and drought in the SeThamok Sub-basin.

<https://doi.org/10.69692/SUJMRD1001183>.

Souphanouvong University Journal Multidisciplinary Research and Development, 10(1), 183–192. Retrieved from <http://www.su-journal.com/index.php/su/article/view/637>

Dunne, J. P., Horowitz, L. W., Adcroft, A. J., Ginoux, P., Held, I. M., John, J. G., et al. (2020). The GFDL Earth System Model Version 4.1 (GFDL-ESM4.1): Overall coupled model description and simulation characteristics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12, e2019MS002015. <https://doi.org/10.1029/2019MS002015>

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., and Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)

experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>

Feser, F., Rockel, B., von Storch, H., and Winterfeldt, J. (2022). Regional climate models add value to global model data: A review and selected examples. *International Journal of Climatology*, 42(9), 4425–4446. <https://doi.org/10.1002/joc.7512>

Gebremedhin, M. A., Kahsay, G.H., and Fanta, H.G. (2018). Assessment of spatial distribution of aridity indices in Raya valley, northern Ethiopia. *Appl. Water Sci*, 8.

Greenwood, J., & Durand, D. (1960). *Aids for fitting the gamma distribution by maximum likelihood*. *Technometrics*: 2, 55-65.

Guttman, N. B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311-322.

Held, I. M., Guo, H., Adcroft, A., Dunne, J. P., & Horowitz, L. W. (2019). Structure and performance of GFDL's CM4.0 climate model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(11), 3691-3727. <https://doi.org/10.1029/2019MS001829>

Huang, Y. F., Ang, J. T., Tiong, Y. Y., Mirzaei, M., & Amin, M. V. (2016). Drought forecasting using SPI and EDI under RCP-8.5 climate change scenarios for Langat River Basin, Malaysia. *Procedia Engineering*, 154, 710-717. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.573>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution*

to the Sixth Assessment Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change.

McKee, T., Doesken, N., & Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).

MRC. (2019). *Annual Hydrology, Flood and Drought Report*.

O'Neill, B. C.; Tebaldi, C.; van Vuuren, D. P.; Eyring, V.; Friedlingstein, P. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461-3482. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>

Shrestha, S., & Upadhyay, S. (2024). Assessment of climate change impacts on water resources and drought conditions in the Lower Mekong Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101620>

Thom, H. (1966). *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO Technical Note Number 81, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva. Switzerland: pp. 53.

UN-Water. (2018, March 19). *The United Nations world water development report 2018: Nature-based solutions for water*. UNESCO. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018>

ຕາຕະລາງທີ 1: ລາຍລະອຽດຂອງແບບຈຳລອງສະພາບອາກາດໂລກ (GCM) ທີ່ນຳໃຊ້ໃນການສຶກສາ

ລາຍລະອຽດ	ຂໍ້ມູນທີ່ໃຊ້ໃນການວິໄຈ
ແບບຈຳລອງ(Model)	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory–Earth System Model version 4 (GFDL-ESM4)
ໂຄງການ(Project)	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)
ສະຖານະການຈຳລອງ	SSP126(ແບບຍືນຍົງ), SSP245(ກາງ), SSP585(ຮ້າຍແຮງທີ່ສຸດ)
ຕົວແປຫຼັກ	ປະລິມານນ້ຳຝົນ (Pr)
ແຫຼ່ງຂໍ້ມູນ	Earth System Grid Federation (ESGF) Nodes

ຕາຕະລາງ 2: ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ Near Future (2023-2050): SPI-1, SPI-3,

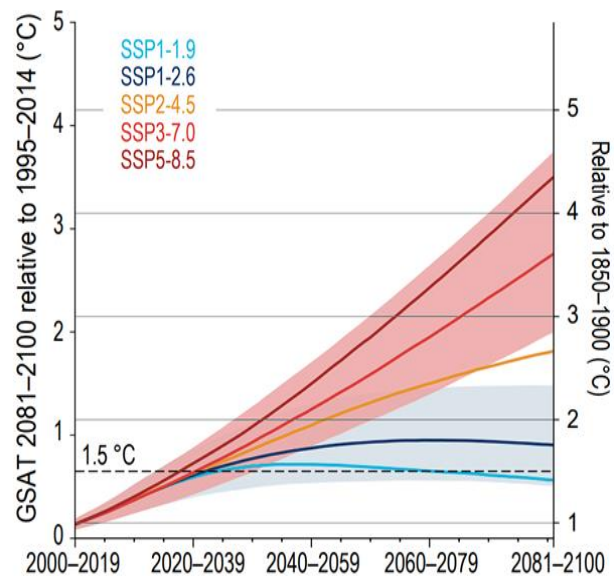
ສະຖານະການ SSP	ຄັ້ງ	SPI-1(ຄວາມຖີ່%)	ຄັ້ງ	SPI-3(ຄວາມຖີ່%)	ຫຼັກສະນະຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ
SSP126	14	4.17	6	1.76	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3
SSP245	17	5.06	8	2.38	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3
SSP585	22	6.55	14	4.17	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3

ຕາຕະລາງ 3: ຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດອັນໃກ້ນີ້ Far Future (2051-2100): SPI-1, SPI-3

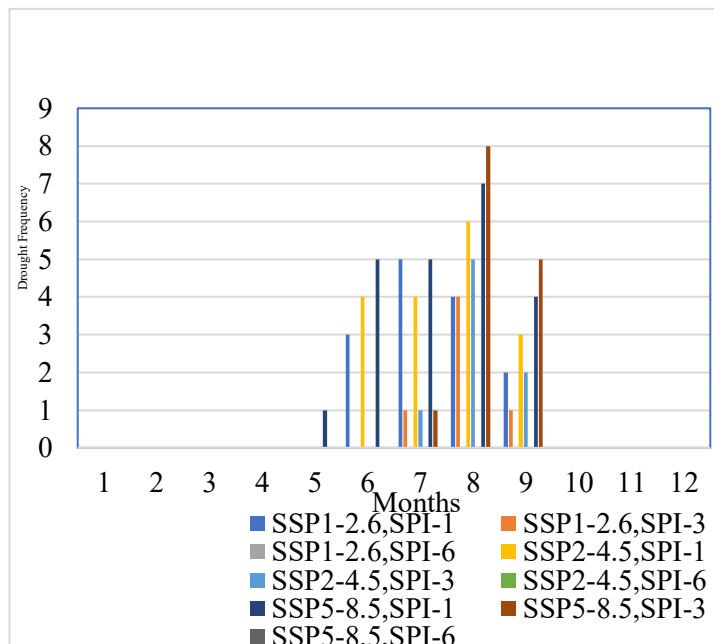
ສະຖານະການ SSP	ຄັ້ງ	SPI-1(ຄວາມຖີ່%)	ຄັ້ງ	SPI-3(ຄວາມຖີ່%)	ຫຼັກສະນະຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງ
SSP126	27	4.59	13	2.21	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3
SSP245	20	3.40	15	2.55	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3
SSP585	34	5.78	22	3.74	ຄວາມຖີ່ SPI-1 ສູງກວ່າ SPI-3

ຕາຕະລາງ 4: ການປຽບທຽບຄວາມຖີ່ຂອງໄພແຫ້ງແລ້ງໃນອະນາຄົດ($SPI \leq -1.0$), SPI-1, SPI-3.

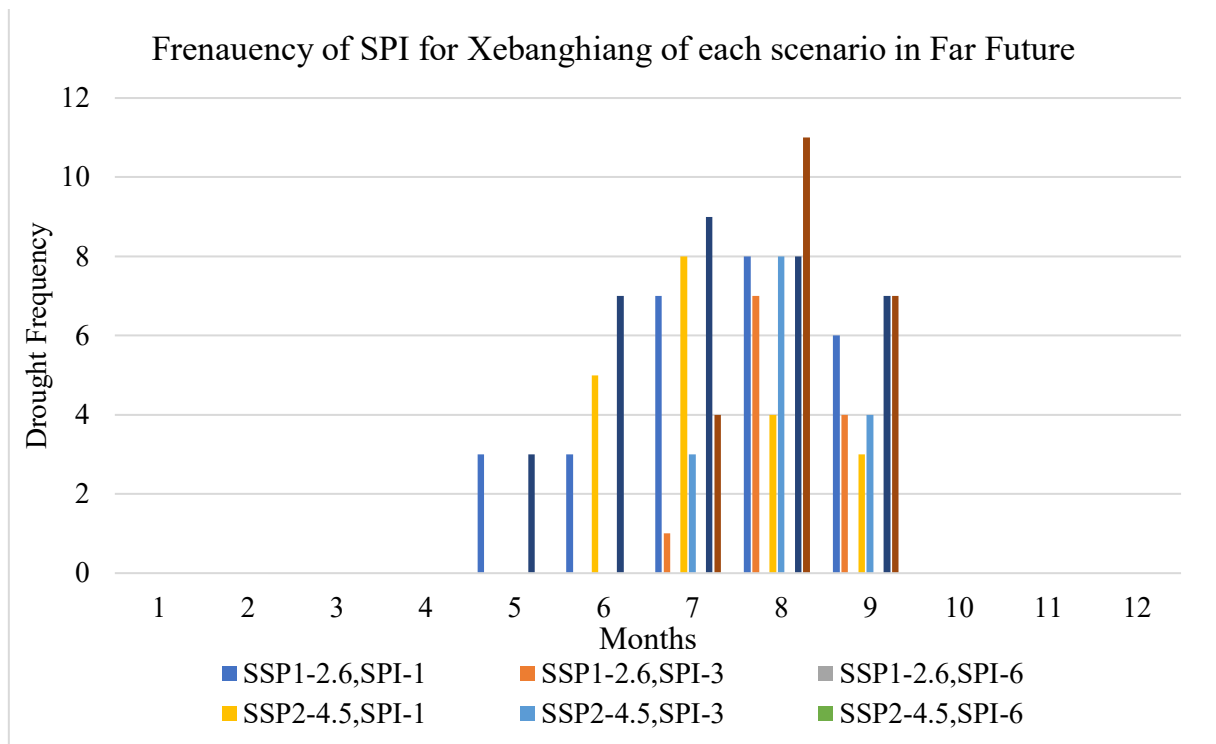
ຊ່ວງເວລາ	ສະຖານະການSSP	SPI-1(ຄວາມຖີ່%)	SPI-3(ຄວາມຖີ່%)	SPI-1 VS SPI-3Ratio
Near Future (2023-2050), (28 ປີ)	SSP1-2.6	4.17	1.76	2.37:1
	SSP2-4.5	5.06	2.38	2.13:1
	SSP5-8.5	6.55	4.17	1.57:1
Far Future (2051-2100), (50 ປີ)	SSP1-2.6	4.59	2.21	2.08:1
	SSP2-4.5	3.40	2.55	1.33:1
	SSP5-8.5	5.78	3.74	1.55:1



ຮູບທີ 1: ກາຣາຟສະແດງການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອຸນຫະພູມຂອງແຕ່ລະສະຖານະການ



ຮູບທີ 2: ກາຣາຟສະແດງການປຽບທຽບຄວາມຖີ່ໃນການເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ ພາຍໃຕ້ແຕ່ລະສະຖານະການຂອງແຕ່ລະຊ່ວງດັດຊະນີ SPI ໃນຊ່ວງອະນາຄົດອັນໃກ້



ຮູບທີ 3: ກຣາຟສະແດງການປຽບທຽບຄວາມຖີ່ໃນການເກີດໄພແຫ້ງແລ້ງ ພາຍໃຕ້ແຕ່ລະສະຖານະການຂອງແຕ່ລະຊ່ວງດັດຊະນີ SPI ໃນຊ່ວງ
ອະນາຄົດອັນໄກ