



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πανεπιστημιούπολη Άλσος Αιγάλεω Αγ. Σπυρίδωνα 28, 122 43 ΑΙΓΑΛΕΩ, τηλ.: 210 5385854, email: geo@uniwa.gr
Πληροφορίες: Ν. Ρουφάνη

ΘΕΜΑ: Στοιχεία Θεόδωρου Μαλλιάρου
Υποψήφιου Διδάκτορος

ΠΡΟΣ: -Για ανάρτηση

ΣΧΕΤ.:

ΚΟΙΝ.:

ΟΝΟΜΑ Υπ. Διδάκτορα: : Μαλλιάρος Γεώργιος Θεόδωρος

ΟΝΟΜΑ Επιβλέποντος Καθηγητή: Χλούπης Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος-ΠΑΔΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΔ: Ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης κινδύνου με χρήση νευρομορφικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ Διδακτορικής Διατριβής: Η πρώτη γενιά της τεχνητής νοημοσύνης (ΑΙ) βασίστηκε σε κανόνες και στόχευε στην μιμητική της κλασικής λογικής για να εξαγάγει αιτιολογημένα συμπεράσματα μέσα σε έναν συγκεκριμένο, στενά καθορισμένο τομέα προβλημάτων. Για παράδειγμα ήταν κατάλληλη για την παρακολούθηση διαδικασιών και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Η δεύτερη, τρέχουσα γενιά, ασχολείται σε μεγάλο βαθμό με την αίσθηση και την αντίληψη, όπως η χρήση δικτύων βαθιάς μάθησης για την ανάλυση του περιεχομένου ενός καρέ βίντεο. Η επόμενη γενιά ΑΙ στοχεύει σε τομείς που αντιστοιχούν στην ανθρώπινη γνώση, όπως η ερμηνεία και η αυτόνομη προσαρμογή. Αυτό είναι κρίσιμο για την υπερνίκηση της λεγόμενης «ευθραυστότητας» λύσεων ΑΙ που βασίζονται στην εκπαίδευση και τα συμπεράσματα νευρωνικών δικτύων, οι οποίες εξαρτώνται από προκαθορισμένες, ντετερμινιστικές απόψεις γεγονότων που στερούνται νοηματικού πλαισίου και λογικής κατανόησης. Η τεχνητή νοημοσύνη επόμενης γενιάς πρέπει να μπορεί να αντιμετωπίσει νέες καταστάσεις με ιδιαίτερα αφαιρετικές προσεγγίσεις προκειμένου να αυτοματοποιήσει τις συνήθεις ανθρώπινες δραστηριότητες

Κυρίαρχο ρόλο στην υλοποίηση των στόχων της επόμενης γενιάς ΑΙ, διαδραματίζει η νευρομορφική υπολογιστική, η οποία δημιουργήθηκε από ένα συνδυασμό πολλών επιστημών, όπως η επιστήμη υπολογιστών, η βιολογία και οι νευροεπιστήμες. Σκοπός είναι η κατανόηση των πληροφοριών που χειρίζεται ο εγκέφαλος, με στόχο την αναπαραγωγή των διαδικασιών του εγκέφαλου σε ένα επεξεργαστή μιας υπολογιστικής μηχανής. Η προσπάθεια της προσομοίωσης των νευρώνων του εγκεφάλου γίνεται συνήθως με χρήση υπερυπολογιστών που έχει ως αποτέλεσμα την τεράστια κατανάλωση ισχύος. Τα τελευταία χρόνια επιστήμονες σχεδίασαν ολοκληρωμένα κυκλώματα νευρώνων με αποτέλεσμα να πετύχουν ταχύτατες επεξεργασίες μεγάλου όγκου δεδομένων με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Τα

νευρομορφικά υπολογιστικά συστήματά εκφράζουν νευρώνες εγκεφάλου σε ηλεκτρονικά κυκλώματα με αποτέλεσμα την γρήγορη επεξεργασία δεδομένων και την χαμηλή κατανάλωση ισχύος που είναι και το αναμενόμενο όφελος.

Τα Νευρωνικά δίκτυα αιχμής (SNN) είναι ένα νέο μοντέλο για την υλοποίηση των τεχνητών νευρώνων ώστε να μιμούνται φυσικά νευρωνικά δίκτυα που υπάρχουν στους βιολογικούς εγκεφάλους. Κάθε «νευρώνας» στο SNN μπορεί να πυροδοτηθεί και να πυροδοτηθεί ανεξάρτητα από τους άλλους, και με αυτόν τον τρόπο, στέλνει παλμικά σήματα σε άλλους νευρώνες στο δίκτυο που αλλάζουν άμεσα τις ηλεκτρικές καταστάσεις αυτών των νευρώνων. Οι νευρομορφικοί επεξεργαστές αναλύουν αλληλουχίες και μεταβολές γεγονότων. Ο νευρομορφικός επεξεργαστής αντιλαμβάνεται την έκρηξη ενέργειας σαν μια τιμή που υποδηλώνει συμπεριφορά του γεγονότος. Η αρχιτεκτονική του νευρομορφικού επεξεργαστή (NSOC) βασίζεται στις θεμελιώδεις αρχές των βιολογικών νευρωνικών δικτύων αιχμής (Biological Spiking Neural Networks, bSNN). Σημαντικό κριτήριο στην επιλογή του NSOC είναι η ύπαρξη στο αναπτυξιακό σύστημα της δυνατότητας σταδιακής μάθησης που θα επιτρέψει σε ήδη υπάρχοντα συστήματα βαθιάς μάθησης να συνεχίζουν την εκπαίδευση, εκπαιδεύοντας νέους ταξινομητές χωρίς να απαιτείται διαδικασία επανεκπαίδευσης. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των NSOC είναι η δυνατότητα να εκτελούν απευθείας αλγόριθμους νευρωνικών δικτύων με αποτέλεσμα να μην έχουν την ανάγκη μνήμης DRAM και εξωτερικής CPU.

Αντικείμενο της προτεινόμενης διατριβής είναι η ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης κινδύνου με την χρήση νευρομορφικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (neuromorphic ICs). Στόχος είναι η συλλογή δεδομένων ετερογενών πηγών (αισθητήρες, επικοινωνιακά συστήματα προγνώσεων, δεδομένα πληθοπορισμού και πληθάνιχνευσης, ιστορικά στοιχεία) και η αξιολόγηση τους από το νευρομορφικό σύστημα προκειμένου να εκδοθεί μία έγκαιρη και έγκυρη ειδοποίηση επερχόμενου κινδύνου. Όλα τα ανωτέρω αναμένεται να υλοποιηθούν με κύρια επιδίωξη την επίτευξη ενεργειακών απαιτήσεων ιδιαίτερα χαμηλών (τουλάχιστον δυο τάξεις μεγέθους), ταχύτερο χρόνο εκτέλεσης και δυνατότητα επιπλέον εκμάθησης (σε σχέση με λύσεις που υλοποιούνται σε CPUs/GPUs). Η ανάπτυξη των μοντέλων νευρωνικών δικτύων θα πραγματοποιηθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Python στο περιβάλλον που υποστηρίζει ο NSOC. Η κύρια διαφορά με άλλο μοντέλα μηχανικής μάθησης είναι ότι τα δεδομένα ανταλλάσσονται μεταξύ επιπέδων και όχι σε πολυδιάστατους πίνακες. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην υλοποίηση επιχειρησιακά έτοιμων συστημάτων (EU TRL ≥ 7).

ΜΕΛΗ Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

- Γεώργιος Χλούπης, Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής και ΕΚ της ΔΔ του ΠΑΔΑ
- Φίλιππος Βαλλιανάτος Καθηγητής του τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ
- Ζώης Ηλίας Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του ΠΑΔΑ

NAME OF PhD CANDIDATE: Malliaros Georgios Theodoros

SUPERVISOR: Hloupis Georgios, Assistant Professor, UNI.W.A. Department of Surveying & Geoinformatics Engineering

TITLE OF DOCTORAL THESIS: Development of autonomous early warning systems using neuromorphic integrated circuits

SUMMARY OF DOCTORAL THESIS:

The first generation of artificial intelligence (AI) was based on rules and aimed on mimicry of classical logic in order to produce justified conclusions through a specific, defined problem area. For example, it was suitable for monitoring procedures and for improving its efficiency. The second, current generation, deals extensively with sense and perception, such as the use of deep learning networks for its analysis content of a video frame. The next generation focuses on sectors corresponding in human knowledge, such as interpretation and autonomous adaptation. This is crucial to overcome the so-called "fragility" of solutions AI based on training and the conclusions of neural networks, which depend on predetermined, deterministic views of facts lacking semantics framework and logical understanding. The next generation AI must be able to deal with new situations with highly abstract approaches in order to automate normal human activities.

Neuromorphic computing plays a dominant role in achieving the goals of next AI generation which was created by a combination of many sciences, such as computer science biology and neuroscience. Its purpose is understanding the information handled by the brain, in order to reproduce the processes of the brain into a processor of a computer machine. The attempt to stimulate brain neurons is usually done with the assist of supercomputers resulting in huge amounts of power consumption. The last few years, scientists have designed integrated neuron circuits and have achieved fast processing of large volumes of data with minimal consumption energy. Neuromorphic computer systems convey express brain neurons into electronic circuits, resulting in fast data processing and low power consumption which is the expected benefit.

Spikes neural network (SNN) is a new model for the implementation of artificial neurons to mimic natural neural networks present in biological brains. Every SNN "neuron" can trigger and be triggered independently of others, and in this way, sends pulses signals to other neurons in the network that directly change electrical states of these neurons. Neuromorphic processors analyze sequences and changes in events. The neuromorphic processor senses the energy explosion as a value that indicates behavior of the event. H neuromorphic processor architecture (NSOC) is based on the fundamental principles of bSNN (Biological Spiking Neural Networks). Important criterion in the choice of the NSOC is the existence in the developing system of the possibility of gradual learning that will allow existing deep learning systems to continue training, teaching new classifiers without being required retraining process. A special feature of NSOC is the ability of instant execution of neural network algorithms resulting in no need to use DRAM memory and external CPU.

The object of the proposed dissertation is the development of autonomous early warning systems using neuromorphic integrated circuits. The goal is to collect data from heterogeneous sources (sensors, auxiliary forecasting systems, data and population tracking, historical data) and their evaluation by the neuromorphic system in order to issue a timely and valid notice of impending danger. All of the above are expected to be implemented with the main aim to achieve particularly low energy requirements (at least two classes size), faster execution time and possibility of additional learning (compared with solutions implemented by CPUs / GPUs). The development of neural network models will be performed in a programming language Python in the environment that supports NSOC. The main difference with other machine learning

models is that data is exchanged between levels and not in multidimensional tables. Particular emphasis will be placed on the implementation of operational ready systems (EU TRL ≥ 7).

PhD ADVISORY COMMITTEE:

- **Supervisor:** Hloupis Georgios Professor, University of West Attica. Department of Surveying & Geoinformatics Engineering
- **Member:** Filippos Vallianatos Professor, National and Kapodistrian University of Athens, Department of Geophysics and Geothermy
- **Member:** Zois Elias, Assistant Professor, University of West Attica, Department Electrical and Electronics Engineering.

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ



ΑΝΔΡΕΑΣ ΤΣΑΤΣΑΡΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ