



Κβαντικές τεχνολογίες Αντίστροφη μέτρηση για «εκτόξευση»

Η «επανάσταση» βρίσκεται προ των πυλών. Η Ευρώπη και η Ελλάδα την περιμένουν, φιλοδοξώντας να παίξουν ηγετικό ρόλο η πρώτη και το κατά δύναμιν θετικό η δεύτερη, αξιοποιώντας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις πολλά υποσχόμενες εξελίξεις.

ΣΤΟΥ ΓΙΑΝΝΗ ΡΙΖΟΠΟΥΛΟΥ

Φ

έτος, μια χρονιά κατά την οποία γιορτάζουμε τα 100 χρόνια κβαντικής θεωρίας και επί πλέον έχει ανακηρυχθεί επίσημα ως Διεθνές Έτος Κβαντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας από την UNESCO, όλα δείχνουν περισσότερο από ποτέ άλλοτε ότι η αντίστροφη μέτρηση για την από καιρό αναμενόμενη 'εκτόξευση' των κβαντικών τεχνολογιών πλησιάζει στο μηδέν. Τα τελευταία χρόνια, τα θετικά αποτελέσματα των ερευνών συνεχώς 'χτυπάνε κόκκινο', οι πρακτικές εφαρμογές πληθαίνουν γοργά, οι δοκιμές σε πάμπολλους διαφορετικούς τομείς πολλαπλασιάζονται, οι εξελίξεις προβλέπονται ραγδαίες και οι προσδοκίες αυξάνουν εκθετικά.

Η γνωστή εταιρεία ερευνών McKinsey επιμένει πως η σχετική με τις κβαντικές τεχνολογίες αγορά θα φτάσει παγκοσμίως σε μέγεθος τα πολλά τρισεκατομμύρια δολάρια, μέσα στην επόμενη δεκαετία. Όσο για την 'γνραιά ήπειρο', έχει κι αυτή τις φιλοδοξίες της: οι εκτιμήσεις του Joint Research Center της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανεβάζουν την αντίστοιχη αγορά στα 155 B€ ως το 2040 και προσβλέπουν στη δημιουργία χιλιάδων νέων, εξειδικευμένων και καλά αμοιβόμενων θέσεων εργασίας. Η αισιοδοξία βασίζεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του παγκοσμίως συσσωρευμένου ταλέντου σ' αυτόν τον χώρο και το ένα τρίτο των σχετικών επιχειρήσεων δραστηριοποιούνται στην Ευρώπη, με περισσότερες από τις μισές να έχουν ιδρυθεί την τελευταία πενταετία.

Φιλόδοξος στόχος για το 2030

Ο 'σοφός γέρων' Μάριο Ντράγκι είχε συμπεριλάβει στη διάσημη πλέον έκθεσή του για την ανταγωνιστικότητα, του 2024, τις κβαντικές τεχνολογίες χαρακτηρίζοντάς τις την 'επόμενη πρωτοποριακή καινοτομία', που τόσο έχει ανάγκη η Ευρώπη, προκειμένου να αποκτήσει βιομηχανική προπορεία, αλλά και να διαφυλάξει την τεχνολογική κυριαρχία της. Οι Βρυξέλλες 'άκουσαν' ως όφειλαν την προτροπή του και στις αρχές Ιουλίου παρουσίασαν την κβαντική στρατηγική της ΕΕ, που θέτει ως στόχο να καταστεί ηγέτιδα στις κβαντικές τεχνολογίες, ως το 2030. Σύμφωνα με τις επίσημες ανακοινώσεις, 'η εν λόγω στρατηγική θα προωθήσει ένα ανθεκτικό, κυρίαρχο κβαντικό οικοσύστημα που θα τροφοδοτεί την ανάπτυξη νεοφυών επιχειρήσεων και θα μετατρέπει τη ρηζικέλευση επιστήμη σε εφαρμογές έτοιμες για την αγορά, διατηρώντας παράλληλα την επιστημονική υπεροχή της Ευρώπης'.

Αυτό που θέλουν να πετύχουν οι 27 δεν είναι άλλο από την έγκαιρη αξιοποίηση της επανάστασης που όλοι περιμένουν: μ' άλλα λόγια, την αντιμετώπιση -με κατα-

λύτη τις κβαντικές τεχνολογίες- πλήθους πολύπλοκων (με τα σημερινά δεδομένα) προκλήσεων από την πρόοδο στην εφεύρεση νέων φαρμάκων ως τη διασφάλιση κρίσιμων υποδομών, ελπίζοντας σε νέες ευκαιρίες ανάπτυξης, αύξηση της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων και ενίσχυση των προοπτικών για λύσεις διπλής χρήσης – για την άμυνα, αλλά και για απλή εμπορική χρήση.

Οι πέντε πυλώνες της στρατηγικής

Η ευρωπαϊκή κβαντική στρατηγική βασίζεται σε πέντε πυλώνες έρευνα και καινοτομία, κβαντικές υποδομές, ενίσχυση οικοσυστημάτων, διαστημικές και διπλής χρήσης τεχνολογίες, κβαντικές δεξιότητες. Περιλαμβάνει δε, τα ακόλουθα μέτρα:

- Δρομολόγηση της «πρωτοβουλίας έρευνας και καινοτομίας Quantum Europe», κοινής προσπάθειας της

ΕΕ και των κρατών-μελών για στήριξη της βασικής έρευνας και ανάπτυξη εφαρμογών σε βασικούς δημοσίους και βιομηχανικούς τομείς.

- Δημιουργία εγκατάστασης κβαντικού σχεδιασμού και έξι πιλοτικών γραμμών κβαντικών μικροκυκλωμάτων, με τη στήριξη δημόσιας χρηματοδότησης ύψους έως και 50 Μ€, για τη μετατροπή επιστημονικών πρωτοτύπων σε προϊόντα.
- Δρομολόγηση πιλοτικής εγκατάστασης για το ευρωπαϊκό κβαντικό διαδίκτυο.
- Επέκταση του δικτύου ομάδων κβαντικών ικανοτήτων ανά την ΕΕ και δημιουργία της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Κβαντικών Δεξιοτήτων, το 2026.
- Εκπόνηση οδικού χάρτη για την αξιοποίηση της κβαντικής τεχνολογίας στο διάστημα, σε συνεργασία με την ESA, και συμβολή στον ευρωπαϊκό οδικό χάρτη των εξοπλισμών.

Παράπλευρος στόχος, η ενίσχυση του μεριδίου της παγκόσμιας ιδιωτικής χρηματοδότησης που λαμβάνουν οι ευρωπαϊκές κβαντικές εταιρείες, το οποίο σήμερα ανέρχεται σε περίπου 5 %, ώστε να τονωθεί η ανάπτυξη των ευρωπαϊκών νεοφυών και μικρών επιχειρήσεων και να προωθηθεί η υιοθέτηση εγχώριων κβαντικών λύσεων από τις ευρωπαϊκές βιομηχανίες.

Η επόμενη ημέρα για την ΕΕ

Η Επιτροπή -όπως διακήρυξε η Χένα Βίρκουνεν, εκτελεστική αντιπρόεδρος αρμόδια για την Τεχνολογική Κυριαρχία, την Ασφάλεια και τη Δημοκρατία- θα συνεργαστεί στενά με τα κράτη-μέλη και την ευρωπαϊκή κβαντική κοινότητα, την ακαδημαϊκή κοινότητα κι εκείνη των νεοφυών, τους φορείς του κλάδου κι όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στον χώρο της καινοτομίας για την υλοποίηση των στόχων της στρατηγικής. Σημαντικός κρίνεται ο ρόλος της συμβουλευτικής επιτροπής από κορυφαίους Ευρωπαίους επιστήμονες και εμπειρογνώμονες για τη στρατηγική καθοδήγηση της πρωτοβουλίας Quantum Europe.

Θα ακολουθήσει πρόταση για Quantum Act, το 2026, με αποστολή την περαιτέρω ενίσχυση του κβαντικού οικοσυστήματος και των προσπάθειών εκβιομηχάνισης και η παροχή κινήτρων στα κράτη-μέλη και τις επιχειρήσεις, τους επενδυτές και τους ερευνητές προκειμένου να επενδύσουν σε (πιλοτικές) εγκαταστάσεις παραγωγής, υπό την αιγίδα εθνικών ή περιφερειακών πρωτοβουλιών ευρείας κλίμακας σε επίπεδο ΕΕ, καθώς περνάμε από το εργαστήριο στις εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο.

ΣΤΗΡΙΖΟΥΜΕ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΥΜΕ ΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ



Κωνσταντίνος Καράντζαλος
– Γεν. Γραμματέας
Τηλεπικοινωνιών &
Ταχυδρομείων, Υπουργείο
Ψηφιακής Διακυβέρνησης

Το υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης συντονίζει την εκπόνηση της Εθνικής Στρατηγικής για τις Κβαντικές

Τεχνολογίες, που καλύπτει το quantum computing, το quantum sensing και το quantum communication. Η Ελλάδα έχει ήδη αποδείξει τη δυναμική της με έργα όπως το HellasQCI, που άνοιξε τον δρόμο για τις πρόσφατες ευρωπαϊκές διακρίσεις SEEWQCI και TransEuroQCS, εντάσσοντας τη χώρα μας στον πυρήνα του EuroQCI. Παράλληλα, σχεδιάζουμε και υλοποιούμε δράσεις για την ανάπτυξη quantum-safe αξιόπιστων επικοινωνιών με μετα-κβαντικές τεχνολογίες. Μέσα από τη συνεργασία δημόσιων φορέων, ερευνητικών ιδρυμάτων και υπηρεσιών ασφαλείας διαμορφώνουμε ένα οικοσύστημα καινοτομίας που ενισχύει την τεχνολογική κυριαρχία, την εξωστρέφεια και τη γεωστρατηγική θέση της Ελλάδας στον ταχέως αναδυόμενο κλάδο των κβαντικών τεχνολογιών.



Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Μέσα σ' όλον αυτό τον οργασμό έρευνας και καινοτομίας γύρω από τις κβαντικές τεχνολογίες, η Ελλάδα συμμετέχει δυναμικά και μάλιστα, σε κάποιους τομείς, βρίσκεται στην πρωτοπορία των ευρωπαϊκών προσπαθειών. Για το εγχώριο οικοσύστημα, τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες, τις επιτυχίες και τις διακρίσεις, τις προτεραιότητές μας σε σύγκριση με την Ευρώπη, τις πρακτικές εφαρμογές και τους επόμενους στόχους τους, ρωτήσαμε τέσσερις από τους 'πρωταγωνιστές' στον ελληνικό κβαντικό χώρο. Μίλησαν, λοιπόν, στο netweek οι...



Καθ. Δημήτρης Αγγελάκης
Δ/ντής Ινστιτούτου Κβαντικής
Υπολογιστικής @ Κβαντικής
Τεχνολογίας, στο ΕΚΕΦΕ
'Δημόκριτος'



Αντώνης Αργυρός
Venture Builder – 'ψυχή'
του Quantum Gate



Δρ. Ηλίας Παπασταματίου
Sr. Project Manager ΕΔΥΤΕ
- HellasQCI @ SEEWQCI
Projects' Coordinator



Καθ. Δημήτρης Συβρίδης
Τμήμα Πληροφορικής @
Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό
Καποδιστριακό Παν. της
Αθήνας

Όλοι κλήθηκαν να απαντήσουν στις ίδιες ερωτήσεις, όμως -προφανώς- οι απαντήσεις τους διαφέρουν, ανάλογα με την οπτική του καθενός. Σε αρκετά συμφωνούν, σε κάποια αλληλοσυμπληρώνονται και σίγουρα δηλώνουν διαφορετικούς στόχους ο καθένας. Στην καταγραφή, για οικονομία χώρου, αναφέρονται ο καθένας με τα αρχικά του.

ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Η. Παπαστάμου: Η Ελλάδα έχει προχωρήσει δυναμικά με την υλοποίηση της Εθνικής Υποδομής Κβαντικών Επικοινωνιών – HellasQCI, που αποτελεί μέρος της πανευρωπαϊκής Πρωτοβουλίας EuroQCI. Ευρωπαϊκό έργο συγχρηματοδοτούμενο από την ΕΕ, ξεκίνησε το 2023 με συντονιστή το ΕΔΥΤΕ, υπό την καθοδήγηση της Γεν. Γραμματείας Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων με την υποστήριξη του υπουργείου Ψηφ. Διακυβέρνησης, σε συνεργασία με 13 εταίρους. Το κβαντικό δίκτυο, μήκους 650 χλμ, εκτείνεται σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Ηράκλειο, συνδέοντας 13 δημόσιους φορείς και αρχές εθνικής ασφαλείας και 7 πανεπιστήμια / ερευνητικά ιδρύματα. Περιλαμβάνει τρεις Οπτικούς Επίγειους Σταθμούς (OGS) – Αστεροσκοπεία Χελμού, Χολομώντα, Σκίνακα – για τη διανομή κβαντικών κλειδίων (QKD) μέσω οπτικών ινών και δορυφορικών ζευξίων, ενώ στην Αθήνα αναπτύσσονται 4 κόμβοι Κβαντικού Διαδικτύου ως πεδία έρευνας και καινοτομίας. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η χώρα μας συντονίζει το νέο έργο SEEWQCI, το οποίο εγκρίθηκε τον Αύγουστο του 2025 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με πολύ υψηλή βαθμολογία. Στόχος του είναι η επέκταση του HellasQCI με διασυνοριακή σύνδεση των εθνικών κβαντικών υποδομών Βουλγαρίας, Κύπρου και Ολλανδίας (επίγειο δίκτυο Ελλάδας–Βουλγαρίας 1.100 χλμ. και δορυφορικές ζεύξεις με Κύπρο – Ολλανδία). Η ελληνοβουλγαρική ζεύξη θα αποτελέσει τον πυρήνα του Βαλκανικού Διαδρόμου Κβαντικών Επικοινωνιών, ο οποίος θα ενώσει τη ΝΑ Ευρώπη με την υπόλοιπη ήπειρο, στο πλαίσιο του EuroQCI. με αποτέλεσμα η Ελλάδα να βρίσκεται σήμερα στην πρωτοπορία της Ευρώπης και αναγνωρίζεται ως "lighthouse" στο πλαίσιο του EuroQCI.

Δ. Συβρίδης: Η περιοχή των κβαντικών τεχνολογιών έχει μεγάλο εύρος και περιλαμβάνει ευρύ πεδίο εφαρμογών, δίνοντας λύσεις που συχνά διαθέτουν καθοριστικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις «συμβατικές». Επιγραμματικά, μπορεί κανείς να αναφέρει την Κβαντική Κρυπτογραφία / Κβαντική διανομή κρυπτογραφικού κλειδιού (Quantum Key Distribution – QKD) και την επέκτασή της στο λεγόμενο κβαντικό Internet, την κβαντική υπολογιστική και την κβαντική μηχανική μάθηση, τους κβαντικούς αισθητήρες (κυρίως τους κβαντικούς βαρυτικούς

ανιχνευτές – quantum gravimeters- και τους απεικονιστές κβαντικής μαγνητικής τομογραφίας), κλπ. Σ' όλες αυτές τις περιοχές βρισκόμαστε στη μετάβαση προς εκθετική ανάπτυξη, σε παγκόσμιο επίπεδο. Το δίκτυο κβαντικής διανομής κλειδιού επεκτείνεται καλύπτοντας όλον τον ευρωπαϊκό χώρο, αλλά και παγκοσμίως με χρήση δορυφόρων. Όλοι οι βιομηχανικοί κολοσσοί (IBM, Google, NVIDIA, κλπ.) αναπτύσσουν νέους, ολοένα ισχυρότερους κβαντικούς υπολογιστές, με δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων που αδυνατούσαν να αντιμετωπίσουν τα συμβατικά συστήματα. Δίκτυα κβαντικών βαρυτικών ανιχνευτών αναπτύσσονται ήδη στην Ευρώπη, ενώ λειτουργούν τα πρώτα συστήματα κβαντικής μαγνητικής τομογραφίας με μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά.

Πολλά ακόμα πρέπει να σχεδιαστούν και να δρομολογηθούν το συντομότερο, με βασικότερο την προμήθεια και εγκατάσταση κβαντικού υπολογιστή

Η Ελλάδα βρίσκεται στην αιχμή της τεχνολογίας στην περιοχή της κβαντικής Κρυπτογραφίας / QKD καθώς στο πλαίσιο του έργου HellasQCI ολοκληρώνονται σε περίπου ένα χρόνο οι υποδομές και εγκαθίσταται ο εξοπλισμός για τη διασύνδεση δεκαεσάρων κόμβων σε όλη τη χώρα, με εξειδικευμένες οπτικές ζεύξεις οπτικών ινών, αλλά και δορυφορικών διασυνδέσεων. Το νέο δίκτυο θα επιτρέψει την ασφαλή επικοινωνία κρατικών υπηρεσιών, αλλά και χρηστών που απαιτούν τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια. Παράλληλα, με πρόσφατα εγκεκριμένα νέα έργα, το δίκτυο θα διασυνδεθεί με αντίστοιχα ευρωπαϊκά, συμμετέχοντας έτσι στο πανευρωπαϊκό οικοσύστημα κβαντικής κρυπτογραφίας. Στα θέματα που σχετίζονται με την κβαντική υπολογιστική και κβαντική μηχανική μάθηση υπάρχει πολύ αξιόλογη δραστηριότητα από ανεξάρτητες ερευνητικές ομάδες, όπως αυτή του ΕΚΠΑ, αλλά η απόκτηση ενός κβαντικού υπολογιστή κρίνεται αναγκαία, προκειμένου να δοθεί η κατάλληλη ώθηση για ανάπτυξη κρίσιμων δραστηριοτήτων (φαρμακευτική, τηλεπισκόπηση, βιολογία, οικονομικές εφαρμογές, κλπ.)

Δ. Αγγελάκης: Η χώρα βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο. Υπάρχουν διάσπαρτες, αλλά διεθνώς αναγνωρισμένες, ερευνητικές ομάδες σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, με σημαντική παραγωγή βασικής έρευνας για περισσότερο από δύο δεκαετίες, κυρίως στη θεωρητική και πειραματική κβαντική οπτική και φυσική, καθώς και σε ορισμένα συγγενή πεδία. Ωστόσο, οι προσπάθειες παραμένουν αποσπασματικές, λόγω έλλειψης κεντρικού σχεδιασμού και σταθερής εθνικής υποστήριξης

“Οραματίζομαι τη χώρα μας ως κόμβο κβαντικής έρευνας και καινοτομίας στη ΝΑ Ευρώπη, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη κβαντικού λογισμικού και αλγορίθμων”

Α. Αργυρός: Η Ελλάδα δεν διαθέτει ανεπτυγμένο οικοσύστημα κβαντικών υποδομών, καθώς ακόμα βρισκόμαστε σε πρώιμο στάδιο, με προσπάθειες να συνδεθούμε σε ευρωπαϊκά δίκτυα μέσω ερευνητικών προγραμμάτων. Η χώρα καταγράφει ενδιαφέρον, αλλά υστερεί σε σχέση με χώρες όπως η Γερμανία ή η Γαλλία, που επενδύουν συστηματικά. Το πλεονέκτημα για εμάς είναι η δυνατότητα συμμετοχής σε ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες και η αξιοποίηση επιστημονικού δυναμικού.

“Στόχος μας να εδραιώσουμε το ελληνικό οικοσύστημα κβαντικών τεχνολογιών, ώστε η Ελλάδα να αποκτήσει ουσιαστικό ρόλο στην παγκόσμια σκηνή”

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ

Δ. Συβρίδης: Η πρώτη και σημαντικότερη πρόκληση είναι η δημιουργία «κβαντικού» οικοσυστήματος που θα περιλαμβάνει έρευνα, εκπαίδευση και ανάπτυξη εφαρμογών κρίσιμων για την ανάπτυξη της οικονομίας. Πρέπει να δημιουργηθούν κύτταρα παραγωγής νέων επιστημόνων και ερευνητών στα Πανεπιστήμια, να διευκολυνθεί η συνεργασία με ερευνητικά κέντρα, η δημιουργία κρίσιμης μάζας και η συνεργασία με τον ιδιωτικό τομέα για στήριξη των σχετικών δραστηριοτήτων. Στο Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΠΑ υπάρχει εκτενής δραστηριότητα που συνεχώς επεκτείνεται, καλύπτοντας τις περιοχές της Κβαντικής Κρυπτογραφίας και της κβαντικής υπολογιστικής / κβαντικής μηχανικής μάθησης. Στον τομέα της Κρυπτογραφίας, το Εργαστήριο Οπτικών Επικοινωνιών είναι ο επιστημονικός υπεύθυνος της έργου HellasQCI, για τη σχεδίαση και ανάπτυξη του κβαντικού δικτύου στην Ελλάδα. Στο χώρο της κβαντικής υπολογιστικής, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται σε θέματα κβαντικής μηχανικής μάθησης και, παράλληλα, το εργαστήριο επενδύει σε νέες κβαντικά ασφαλείς λύσεις με τη ανάπτυξη πλήρους οικοσυστήματος υποδομής δημόσιου κλειδιού βασισμένου σε μετα-κβαντικές τεχνολογίες (Post Quantum Cryptography), τεχνολογίας αποφασιστικής σημασίας για την ασφάλεια των μελλοντικών δικτύων, ενώ προχωράμε και σε συνδυασμό κβαντικής (QKD) και μετα-κβαντικής τεχνολογίας, για μια ολοκληρωμένη λύση.

Δ. Αγγελάκης: Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η διατήρηση ταλαντούχων αποφοίτων και η επιστροφή της διασποράς, καθώς οι μισθοί παραμένουν πολύ χαμηλοί συγκριτικά με την Ευρώπη. Χαρακτηριστικά, ένας διδακτορικός φοιτητής στη Γερμανία αμείβεται σχεδόν όσο ένας μόνιμος ερευνητής Α΄ στην Ελλάδα. Εξίσου σημαντική είναι η απουσία σταθερών εθνικών προγραμμάτων χρηματοδότησης. Από την άλλη, υπάρχει ευκαιρία να αξιοποιηθεί το υψηλό επίπεδο αποφοίτων μας, ιδιαίτερα στο λογισμικό για κβαντικούς υπολογιστές.

Α. Αργυρός: Μεγάλες προκλήσεις είναι η έλλειψη χρηματοδότησης, η αδύναμη βιομηχανική βάση και η απουσία εξειδικευμένων υποδομών. Ωστόσο, η Ελλάδα μπορεί να επενδύσει σε ανθρώπινο κεφάλαιο, να αξιοποιήσει διεθνείς συνεργασίες και να δημιουργήσει μικρές νησίδες αριστείας σε τομείς αιχμής. Οι πρώτες διακρίσεις σε ελληνικές ομάδες που συμμετέχουν σε ευρωπαϊκά έργα αποδεικνύει τις δυνατότητές μας. Η. Παπαστάμου: Οι μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε αφορούν στη διαλειτουργικότητα διαφορετικών τεχνολογιών, το υψηλό κόστος ανάπτυξης τέτοιων υποδομών και την ανάγκη για εκπαίδευση νέας γενιάς ειδικών. Οι ευκαιρίες είναι εξίσου σημαντικές, καθώς η χώρα αποκτά πρόσβαση σε προηγμένες λύσεις κυβερνοασφάλειας, προστατεύει κρίσιμες υποδομές σε τομείς όπως η ενέργεια, η υγεία και η οικονομία και συμμετέχει στην αναδυόμενη ευρωπαϊκή αγορά που αναμένεται να αναπτυχθεί ραγδαία την επόμενη δεκαετία. Η συμβολή μας είναι καθοριστική, καθώς η Ελλάδα, μέσω του HellasQCI και του SEEWQCI, έχει αναλάβει ηγετικό ρόλο, γεγονός που αναδεικνύει την εμπιστοσύνη του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος στις δυνατότητες της χώρας. Ήδη οι πρώτες διακρίσεις έχουν έρθει για την Εθνική Τηλεπικοινωνιακή Κβαντική Υποδομή, κατατάσσοντάς μας στις χώρες-πρωταγωνιστές της νέας ευρωπαϊκής κβαντικής εποχής. Σημαντική στιγμή ήταν, επίσης, το διεθνές συνέδριο QCI Days, στην Αθήνα τον Απρίλιο του 2025, με τη συμμετοχή όλου του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος κβαντικών τηλεπικοινωνιών (600+ συμμετέχοντες από 30+ χώρες), όπου η Ελλάδα με την Αυστρία και την Ισπανία παρουσίασαν για πρώτη φορά πλήρες demo διαλειτουργικότητας σε πραγματικό κβαντικό δίκτυο 131 κλμ.

ΕΘΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Η. Παπαστάμου: Η χώρα μας προχωρά στη διαμόρφωση Εθνικής Στρατηγικής για τις Κβαντικές Τεχνολογίες, με στόχο ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που θα καλύπτει τόσο τις κβαντικές υποδομές όσο και την έρευνα, την εκπαίδευση και τη στήριξη της καινοτομίας και, προφανώς, θα ευθυγραμμίζεται πλήρως με τη νέα Ευρωπαϊκή Στρατηγική. Μέσα από το HellasQCI και το SEEWQCI, αλλά και με την ενεργό συμμετοχή της σε πανευρωπαϊκές δράσεις, η Ελλάδα συμβάλλει ουσιαστικά στη σύγκλιση εθνικών και ευρωπαϊκών στόχων, προβάλλοντας τον ρόλο της ως αξιόπιστου εταίρου στην ανάπτυξη του EuroQCI και της μελλοντικής Κβαντικής Ευρώπης.

Α. Αργυρός: Σταδιακά διαμορφώνεται εθνική στρατηγική, με στόχο να συνδεθεί με την ευρωπαϊκή αντίστοιχη. Η πρόκληση είναι να μην χαθεί χρόνος, καθώς οι Βρυξέλλες έχουν θέσει φιλόδοξους στόχους για παγκόσμιο πρωταγωνιστικό ρόλο ως το 2030. Η Ελλάδα χρειάζεται να χαράξει συντονισμένη πολιτική και να εξασφαλίσει χρηματοδότηση, ώστε να μη μείνει στο περιθώριο.

Δ. Αγγελάκης: Είμαστε στη φάση διαμόρφωσης εθνικής στρατηγικής, έστω και καθυστερημένα. Το ζητούμενο είναι συντονισμός και στόχευση σε τομείς όπου μπορούμε να είμαστε ανταγωνιστικοί, όπως οι αλγόριθμοι και το λογισμικό. Η σύγκλιση με την ευρωπαϊκή στρατηγική είναι απαραίτητη, με ενεργή συμμετοχή στην Ευρωπαϊκή Συμμαχία για τις Κβαντικές Τεχνολογίες.

λογίες και αξιοποίηση εργαλείων όπως το Quantum Flagship και το το Digital Europe γενικότερα.

“Η Ελλάδα βρίσκεται στην αιχμή των ευρωπαϊκών εξελίξεων, καθώς αναδεικνύεται σε κόμβο δοκιμών και ανάπτυξης κβαντικών επικοινωνιών στη ΝΑ Ευρώπη”

Δ. Συβρίδης: Έγινε πολύ καλή αρχή με τις δραστηριότητες της κβαντικής κρυπτογραφίας (HellasQCI). Υπάρχουν, όμως, πολλά ακόμα που πρέπει να σχεδιαστούν και να δρομολογηθούν το συντομότερο. Το βασικότερο είναι η προμήθεια και εγκατάσταση κβαντικού υπολογιστή, κάτι που μπορεί να γίνει με συγχρηματοδότηση της ΕΕ, ενώ το κόστος είναι σχετικά μικρό (π.χ. 20 ΜΕ από εθνικής πλευράς). Επίσης, η εμπλοκή σε κρίσιμες για τη χώρα δραστηριότητες όπως το Ευρωπαϊκό δίκτυο Quantum Gravitometers, από το οποίο απουσιάζουμε. Γενικότερα, το βασικό ζητούμενο είναι η ενεργός συμμετοχή σε όλο το European Quantum Ecosystem καλύπτοντας θέματα σχετικά με τις κβαντικές τεχνολογίες στο διάστημα, στις περιοχές ασφάλειας και άμυνας, κλπ.. Η χάραξη της στρατηγικής αυτής απαιτεί επιστημονική γνώση, πολιτική βούληση και προφανώς χρηματοδότηση.

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΑΡΧΟΥΝ;

Δ. Αγγελάκης: Το δίκτυο HellasQCI, στο πλαίσιο του EuroQCI, σκοπεύει σε εφαρμογές για κβαντική κρυπτογραφία, με άμεση σημασία για τράπεζες, δημόσια διοίκηση και άμυνα. Παράλληλα, αρκετές ομάδες και η δική μου δουλεύουμε σε αναδυόμενες εφαρμογές σε logistics, ενέργεια και φαρμακευτική έρευνα, τομείς οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν ως πιλότοι για την προσέλκυση επιχειρήσεων. Το αφήγημα περί εθνικής κυριαρχίας και τεχνολογικής ανεξαρτησίας δίνει πρόσθετη βαρύτητα.

Α. Αργυρός: Υπάρχουν πρώιμες εφαρμογές: στην κυβερνοασφάλεια, στις κβαντικές επικοινωνίες και σε πιλοτικά έργα σχετικά με κρίσιμες υποδομές. Αυτές μπορούν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον επιχειρήσεων, ειδικά αν συνδυαστούν με την έννοια της τεχνολογικής κυριαρχίας και της γεωστρατηγικής σημασίας. Η πρόκληση είναι να μετατραπούν τα πιλοτικά σε βιώσιμα εμπορικά μοντέλα που θα τραβήξουν την κοινή γνώμη.

Η. Παπαστάμου: Στην Ελλάδα έχουν ήδη ξεκινήσει οι πρώτες εφαρμογές που δείχνουν έμπρακτα τη σημασία των κβαντικών επικοινωνιών. Μέσα από το HellasQCI δοκιμάζονται πιλοτικά υπηρεσίες ασφαλούς ανταλλαγής δεδομένων για κυβερνητικούς φορείς, ενισχύοντας την κυβερνοασφάλεια και προστατεύοντας κρίσιμες υποδομές. Αντίστοιχα, αναπτύσσονται σενάρια στον τομέα της υγείας, αλλά και στον ενεργειακό κλάδο, που χρειάζεται θωράκιση απέναντι σε μελλοντικές απειλές από την κβαντική υπολογιστική. Παράλληλα, η εθνική υποδομή HellasQCI περιλαμβάνει 7 κόμβους διαθέσιμους στην έρευνα και την καινοτομία. Ήδη, έχουν αναπτυχθεί εργαλεία και εφαρμογές από φορείς όπως οι ΕΚΠΑ, ΕΜΠ, ΑΠΘ, ΙΤΕ, ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», ΕΑΑ, Qubittech, Space Hellas, QRBIT, Motor Oil Hellas και Cosmote. Μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν λύσεις για PUF/PQC authentication, λογισμικό για ασφαλείς κβαντικές τηλεδιασκέψεις, προσομοιώσεις δορυφορικών

ζεύξεων QKD, εργαλεία παρακολούθησης και ελέγχου δικτύων QKD, καθώς και η ενσωμάτωση QKD σε Carrier-Grade FTTH δίκτυα και η ανάπτυξη λύσεων post-quantum cryptography (PQC). Δράσεις που αποδεικνύουν ότι η Ελλάδα βρίσκεται στην αιχμή των ευρωπαϊκών εξελίξεων, καθώς αναδεικνύεται σε κόμβο δοκιμών και ανάπτυξης κβαντικών επικοινωνιών στη ΝΑ Ευρώπη,

Δ. Συβρίδης: Οι άμεσα ή σύντομα διαθέσιμες εφαρμογές εστιάζονται κυρίως στο χώρο της κυβερνοασφάλειας αλλά και της κβαντικής υπολογιστικής σε θέματα φαρμακοβιομηχανίας, τηλεπισκόπησης, οικονομίας και επίλυσης σύνθετων προβλημάτων. Στο χώρο των στρατιωτικών εφαρμογών, η ανάπτυξη λύσεων για συστήματα πλοήγησης ανεξάρτητα του GNSS, κβαντικών radar και lidar είναι επίσης αποφασιστικής σημασίας.

Η ΕΠΟΜΕΝΗ ΗΜΕΡΑ...

Η. Παπαστάμου: Στόχος μας είναι η βιώσιμη αναβάθμιση και επέκταση της εθνικής υποδομής, ώστε να καλύπτει περισσότερους φορείς και να συνδέεται απρόσκοπτα με τα ευρωπαϊκά δίκτυα. Παράλληλα, δίνουμε ιδιαίτερη έμφαση στην εκπαίδευση και κατάρτιση της νέας γενιάς επιστημόνων και μηχανικών, που θα στελεχώσουν το ταχέως αναπτυσσόμενο οικοσύστημα κβαντικών τεχνολογιών στη χώρα. Ήδη, στο HellasQCI έχει δημιουργηθεί πλατφόρμα με όλα τα εκπαιδευτικά προγράμματα που υλοποιήθηκαν - το επόμενο θα πραγματοποιηθεί στα τέλη Νοεμβρίου στη Θεσσαλονίκη.

Α. Αργυρός: Στόχος μας είναι να εδραιώσουμε, με το Greek Quantum Gate, το ελληνικό οικοσύστημα κβαντικών τεχνολογιών, ενώνοντας ερευνητές, επιχειρηματίες, επενδυτές και θεσμούς, ώστε η Ελλάδα να αποκτήσει ουσιαστικό ρόλο στην παγκόσμια σκηνή. Η αποστολή μας κινείται σε τρεις άξονες: Σύνδεση και Συνεργασίες - ταλαντούχοι επιστήμονες και επιχειρηματίες με κεφάλαια, τεχνονομία και υποδομές / Εκπαίδευση και Έμπνευση στους νέους δημιουργούς ώστε να μετατρέψουν την έρευνα σε πραγματικές εφαρμογές / Επιτάχυνση Λύσεων, με υποστήριξη startup και επιχειρήσεων, για να κλιμακώσουν καινοτομίες βαθιάς τεχνολογίας. Με δίκτυο 700+ συμμετεχόντων, βάζουμε τα θεμέλια για να τοποθετηθεί η χώρα σε ηγετική θέση και να αποτελέσει ενεργό κόμβο εξέλιξης και εφαρμογής κβαντικών λύσεων. Μάλιστα, στις αρχές Νοεμβρίου θα οργανώσουμε, μαζί με τον ‘Δημόκριτο’ και την υποστήριξη του CERN, το πρώτο hackathon στην Ελλάδα για κβαντικές τεχνολογίες, υπό την αιγίδα του Διεθνούς Έτους Κβαντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας. Είναι η πρώτη οργανωμένη προσπάθεια να έρθουν άμεσα σε επαφή όλοι οι συμμετέχοντες του οικοσυστήματος - από ερευνητές και προγραμματιστές μέχρι μεγάλες εταιρείες και επενδυτικά funds.

Δ. Αγγελάκης: Στόχος μου είναι να συμβάλω ώστε το νέο Ινστιτούτο στον «Δημόκριτο» να αποτελέσει μοχλό για να αποκτήσει η Ελλάδα οικοσύστημα κβαντικών τεχνολογιών με διεθνή απήχηση, μέσα από την εκπαίδευση νέων επιστημόνων, την προσέλκυση επενδύσεων και τη δημιουργία συνεργειών με την ευρωπαϊκή βιομηχανία. Οραματίζομαι τη χώρα μας ως κόμβο κβαντικής έρευνας και καινοτομίας στη ΝΑ Ευρώπη, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη κβαντικού λογισμικού και αλγορίθμων για ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Δ. Συβρίδης: Ο άμεσος βασικός στόχος είναι η ολοκλήρωση της ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου, κβαντικά ασφαλούς δικτυακού οικοσυστήματος σε υποδομή δημόσιου κλειδιού, βασισμένη στο συνδυασμό κβαντικής με μετα-κβαντική κρυπτογραφία. Δεύτερος στόχος είναι η αξιοποίηση των δραστηριοτήτων της κβαντικής μηχανικής μάθησης, οι οποίες αναπτύσσονται από το εργαστήριο σε εφαρμογές επεξεργασίας εικόνων, οικονομίας, βιολογίας, κλπ.). **NW**