ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΤΕΡΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ DIJKSTRA ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Μπότσης Δημήτριος, Παναγιωτόπουλος Ελευθέριος, Θεοδωρίδου Σωτηρίου Λίλα

Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κεντρικής Μακεδονίας, 621 24 Τέρμα Μαγνησίας, Σέρρες
E-mail: jimbotsis@civil.auth.gr, epanag@teiser.gr, mtheodteiser@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία παρουσιάζεται η εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra στο χώρο των εγκαταστάσεων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κεντρικής Μακεδονίας για την προσέγγιση των συντομότερων διαδρομών από επιλεγμένες θέσεις σε διάφορα κτίρια. Οι εγκαταστάσεις του εκπαιδευτικού ιδρύματος αναπαραστάθηκαν με τη μορφή γράφου, του οποίου οι κορυφές είναι οι επιλεγμένες θέσεις και τα κτίρια, ενώ οι ακμές είναι οι διαδρομές με τα βάρη τους να αντιπροσωπεύουν τα μήκη τους. Η λήψη αποφάσεων για την δημιουργία των βέλτιστων διαδρομών και ο σχεδιασμός χαρτών με αποτυπωμένες τις προτεινόμενες διαδρομές, αποτελούν ένα πολύπλοκο πρόβλημα το οποίο μπορεί να επιλυθεί με την εφαρμογή ενός αλγορίθμου συντομότερων μονοπατιών. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra έδειξε ότι είναι αποτελεσματικός για την προσέγγιση των βέλτιστων – συντομότερων διαδρομών και μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία στο σχεδιασμό ακόμη και πολυπλοκότερων διαδρομών. Επιπρόσθετα μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών με τις συντομότερες διαδρομές μεταξύ επιλεγμένων θέσεων.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: αλγόριθμος Dijkstra, συντομότερα μονοπάτια, χάρτες διαδρομών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόβλημα της εύρεσης των συντομότερων διαδρομών είναι ένα από τα περισσότερο μελετημένα συνδυαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης (Orlin et al., 2010) με εφαρμογές σε πολλά και διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως σε επιχειρηματικά σχέδια, στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, στην επιστήμη των υπολογιστών στα συγκοινωνιακά δίκτυα, στη δημιουργία χαρτών και εφαρμογών με διαδρομές κλπ. Οι αλγόριθμοι εύρεσης των συντομότερων μονοπατιών αναπτύχθηκαν αρχικά για τη βελτίωση των δικτύων των υπολογιστών, επειδή η έννοια της δικτύωσης υπολογιστών βασίζεται σε μεγάλο βαθμό, στη θεωρία γραφημάτων (Subodh, 2013). Οι Ahuja et al., το 1990 σε μία εκτεταμένη ερευνητική εργασία παρουσίασαν διάφορους αλγόριθμους εύρεσης των συντομότερων μονοπατιών, οι οποίοι στηρίζονταν στον αλγόριθμο Dijkstra και χρησιμοποιούσαν διαφορετικές δομές δεδομένων. Ο αλγόριθμος Dijkstra έχει πολλές παραλλαγές, ωστόσο η βασική του δομή επιτρέπει τον υπολογισμό της συντομότερης διαδρομής μεταξύ επιλεγμένων κορυφών σε ένα κατευθυνόμενο ή μη γράφο με μη αρνητικά βάρη ακμών (Pai, 2010, Schrijver, 2010). Ο αλγόριθμος Dijkstra προτάθηκε το 1959 από τον Ολλανδό επιστήμονα των υπολογιστών Edsger Wybe Dijkstra, από τον οποίο πήρε και το όνομα του (Dijkstra, 1959, Frana, 2010) και αποτελεί τον πιο κοινό και ευρέως διαδεδομένο αλγόριθμο εύρεσης των συντομότερων μονοπατιών (Shivani and Singh, 2013, Sabri et al., 2015).

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές του αλγόριθμου Dijkstra, όπως η βελτιστοποίηση των διαδρομών ενός αστικού σιδηροδρομικού δικτύου, ώστε να παρουσιάζεται στο χρήστη η συντο-

μότερη διαδρομή στο πλαίσιο της ανάπτυξης των μελλοντικών έξυπνων πόλεων (Pramod and Sunanda, 2014), ο σχεδιασμός της εκκένωσης κτιρίων κατά τη διάρκεια κρίσιμων και επικίνδυνων περιστατικών, προσδιορίζοντας τη συντομότερη διαδρομή που θα μπορούσε να ακολουθήσει κάποιος προκειμένου να εξέλθει από το κτίριο στον μικρότερο δυνατό χρόνο (Sabri et al., 2015).

Μία ιδιαίτερη και αξιόλογη εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra είναι η δημιουργία έντυπων ή ψηφιακών χαρτών πλοήγησης ή και εφαρμογών πλοήγησης στους χώρους πανεπιστημιακών κοινοτήτων. Τα μέλη μίας πανεπιστημιακής κοινότητας πρέπει να μετακινούνται εντός της πανεπιστημιούπολης από το ένα σημείο στο άλλο για διάφορους λόγους, όπως η διδασκαλία μαθημάτων, η παρακολούθηση διαλέξεων, η συμμετοχή σε συνεδριάσεις, η διεκπεραίωση διοικητικών υποθέσεων, ακόμη και η ξεκούραση στους χώρους πρασίνου ή στους χώρους εστίασης. Για την εύκολη και σε σωστό χρόνο μετακίνηση πρέπει να γίνεται ορθή επιλογή των διαδρομών, ειδικά στις περιπτώσεις μεγάλων πανεπιστημιακών κοινοτήτων. Η επιλογή των βέλτιστων διαδρομών αποτελεί ένα πρόβλημα εύρεσης των συντομότερων διαδρομών, όπου το κόστος μπορεί να είναι το μήκος της διαδρομής ή ο χρόνος που απαιτείται για την προσπέλαση της.

Οι Gao et al., το 2014 χρησιμοποίησαν τους αλγόριθμους Dijkstra και Bellman-Ford για να εντοπίσουν τις συντομότερες διαδρομές μεταξύ των κτιρίων των εγκαταστάσεων του πανεπιστημίου Carnegie Mellon στη Silicon Valley στις Η.Π.Α.

Οι Agarana et al., το 2016 παρουσίασαν μία εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών σε ένα δίκτυο μετακίνησης με τραμ μεταξύ διάφορων θέσεων σε μία υποθετική πανεπιστημιούπολη με μεγάλη έκταση. Χρησιμοποίησαν ως κόστος το χρόνο μετακίνησης γνωρίζοντας τις αποστάσεις μεταξύ των διαφόρων σημείων και κάνοντας την παραδοχή, ότι το τραμ θα κινείται με μία μέση ταχύτητα 50 km/h.

Οι Lateef et al., το 2017 πρότειναν έναν αλγόριθμο για την ανάπτυξη μίας εφαρμογής πλοήγησης στα κτίρια και τους χώρους ενός πανεπιστημίου της Νιγηρίας, προσανατολισμένη να παρέχει βοήθεια σε έναν νέο επισκέπτη στο πανεπιστήμιο. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος είναι ο Dijkstra και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των συντομότερων διαδρομών από το κεντρικό κτίριο διοίκησης του πανεπιστημίου προς όλα τα υπόλοιπα κτίρια.

Αν υπήρχε η δυνατότητα κίνησης χωρίς κανένα εμπόδιο, τότε προφανώς η συντομότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων είναι μία ευθεία γραμμή. Ωστόσο στον πραγματικό κόσμο, όπως σε μία πανεπιστημιούπολη υπάρχουν κτίρια, χώροι πρασίνου, εμπόδια κλπ, που καθιστούν αδύνατη την ευθεία κίνηση και καθιστούν δύσκολη την εύρεση της συντομότερης διαδρομής ειδικά όταν το περιβάλλον είναι άγνωστο. Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι η παρουσίαση ενός μοντέλου βελτιστοποίησης, το οποίο πραγματεύεται την επιλογή των βέλτιστων (συντομότερων) διαδρομών στο χώρο της πανεπιστημιούπολης του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κεντρικής Μακεδονίας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το πεδίο εφαρμογής της έρευνας είναι η πανεπιστημιούπολη του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κεντρικής Μακεδονίας που βρίσκεται στην πόλη των Σερρών και συγκεκριμένα στις νότιες παρυφές της. Η πανεπιστημιούπολη καταλαμβάνει μία έκταση περίπου 196.5 στρεμμάτων, από τα οποία είναι αξιοποιήσιμα με εγκαταστάσεις περίπου τα 144.4 στρέμματα (Καριώτης κ.α., 2010). Η εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών έγινε στην έκταση, όπου αναπτύσσονται εγκαταστάσεις και υπάρχουν διαμορφωμένες διαδρομές, δηλαδή στα 144.4 στρέμματα. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ένα τοπογραφικό διάγραμμα της πανεπιστημιούπολης του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας, όπου διακρίνονται η βόρεια περιοχή, στην οποία αναπτύσσονται οι εγκαταστάσεις και η νότια περιοχή η οποία είναι διαθέσιμη προς μελλοντική αξιοποίηση.

Σχήμα 2.1: Πανεπιστημιούπολη Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας

2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ DIJKSTRA

2.2.1 Δομή του γράφου

Ένας γράφος G αποτελείται από δύο σύνολα και συγκεκριμένα από το σύνολο των κόμβων ή κορυφών V(G) και από το σύνολο των ακμών E(G) και παριστάνεται ως:

$$G = (V, E) \tag{2.1}$$

Κάθε ακμή του γράφου ενώνει δύο κόμβους και παριστάνεται ως ζευγάρι $(x_i, x_j) \in E(G)$ (Theodoridis, 2015). Για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών αναζητείται μία ακολουθία διαδοχικών κόμβων, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με ακμές. Ο κόμβος που αποτελεί σημείο εκκίνησης για μία διαδρομή στο γράφο, ονομάζεται κόμβος πηγής (source node, V_s) και το τελικό σημείο της διαδρομής ονομάζεται κόμβος προορισμού (destination node, V_d). Η διαδρομή ή το μονοπάτι (P) είναι η ακολουθία κόμβων που συνδέουν τον κόμβο πηγής με τον κόμβο προορισμού:

$$P = V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow \cdots \rightarrow V_n \tag{2.2}$$

Το βάρος των ακμών (w) ονομάζεται και κόστος, ενώ παίρνει αποκλειστικά μη αρνητικές τιμές. Τέλος ως απόσταση (D) ορίζεται το άθροισμα των βαρών των ακμών για κάθε πιθανή διαδρομή που συνδέει τον κόμβο πηγής με τον κόμβο προορισμού και μαθηματικά εκφράζεται από την εξίσωση:

$$D = w(P) = \sum_{i=1}^{n-1} w(V_i, V_{i+1}) \tag{2.3}$$

Αφού ελεγχθούν τα αθροίσματα των βαρών των ακμών, από όλες τις πιθανές διαδρομές μεταξύ ενός κόμβου πηγής και ενός κόμβου προορισμού, τότε επιλέγεται το μικρότερο άθροισμα, το οποίο ονομάζεται και ελάχιστο κόστος:

$$D_{min}(V_s \rightarrow V_d) = \min\{w(P)\} \quad (2.4)$$

Ο αλγόριθμος Dijkstra υπολογίζει τις συντομότερες διαδρομές σε ένα κατευθυνόμενο ή μη κατευθυνόμενο γράφο με μη αρνητικά βάρη ακμών.

2.2.2 Διαμόρφωση του γράφου

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη διαμόρφωση του γράφου περιλαμβάνει τον ορισμό 22 κόμβων ή κορυφών που αντιστοιχούν σε 1 κεντρική πύλη εισόδου, 15 κτιριακές εγκαταστάσεις και τέλος 6 κεντρικά σημεία, τα οποία επιλέχθηκαν με κριτήριο τη χωροταξία των εγκαταστάσεων της πανεπιστημιούπολης. Ειδικότερα με βάση τις θέσεις των κτιρίων στο χώρο εκτιμήθηκε ότι υπάρχουν 6 σημεία συχνότερων διελεύσεων στις πιθανές διαδρομές στους χώρους της πανεπιστημιούπολης. Στον Πίνακα 2.1 καταγράφονται αναλυτικά οι κόμβοι του γράφου με την απαραίτητη επεξήγηση για κάθε έναν.

Πίνακας 2.1: Κόμβοι του γράφου που διαμορφώθηκε για την πανεπιστημιούπολη

Κόμβοι	Αντιστοιχία - επεξήγηση κόμβων
1	Κεντρική πύλη εισόδου
2	Κτίριο διοίκησης
3	Βιβλιοθήκη
4	Κτίριο πολλαπλών χρήσεων
5	Κεντρικό σημείο μεταξύ κτ. διοίκησης, βιβλιοθήκης και συνεδριακού κέντρου
6	Κεντρικό σημείο μεταξύ βιβλιοθήκης και συνεδριακού κέντρου
7	Σπουδαστική λέσχη
8	Κεντρικό σημείο μεταξύ λέσχης, κτ. πολλαπλών χρήσεων και κτ. οικονομίας
9	Συνεδριακό κέντρο
10	Τμήμα μηχανικών πληροφορικής
11	Εργαστήρια σχολής διοίκησης και οικονομίας
12	Σχολή διοίκησης και οικονομίας
13	Κεντρικό σημείο μεταξύ συνεδριακού κέντρου και κυλικείου
14	Κεντρικό σημείο μεταξύ συνεδριακού κέντρου, κυλικείου και κτ. τοπογραφίας
15	Εργαστήρια σχολής τεχνολογικών εφαρμογών
16	Κεντρικό σημείο μεταξύ σχολών οικονομίας και διοίκησης
17	Σχολή τεχνολογικών εφαρμογών
18	Κυλικείο
19	Εργαστήρια δομικών
20	Εργαστήρια μηχανολογίας
21	Ανοιχτό αμφιθέατρο
22	Τμήμα τοπογραφίας και γεωπληροφορικής

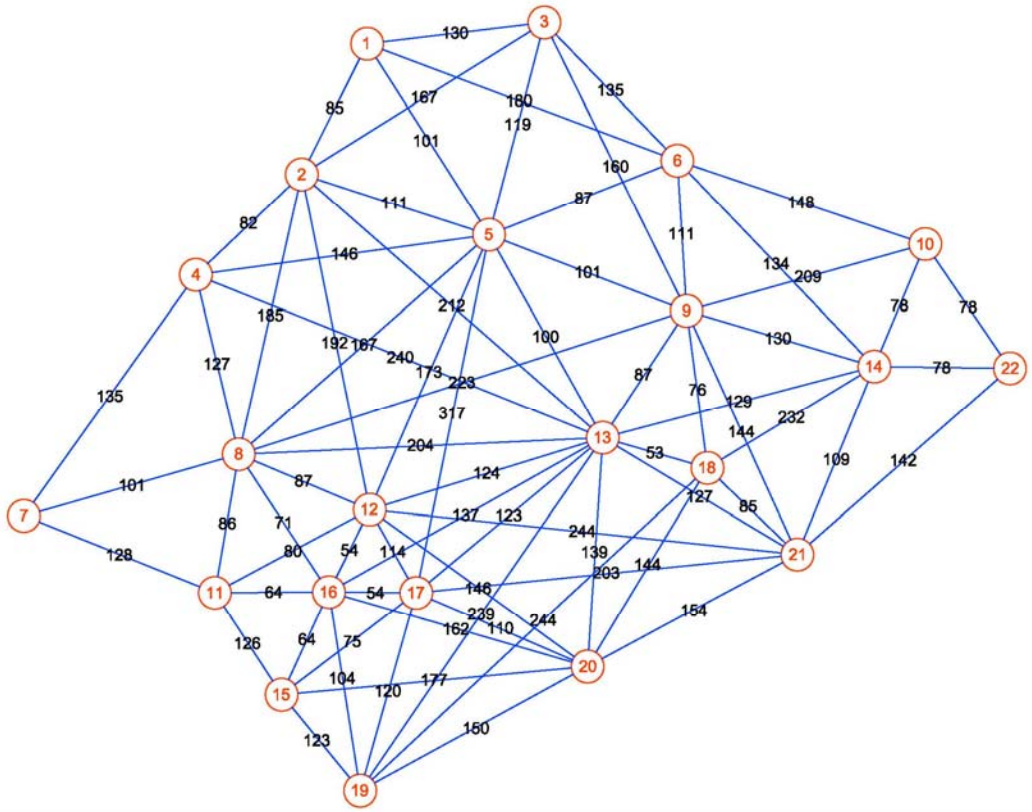
Για τον υπολογισμό των βαρών μετρήθηκαν οι αποστάσεις που διανύει ένας επισκέπτης προκειμένου να μεταβεί από το ένα κτίριο ή σημείο στο άλλο. Οι εν λόγω αποστάσεις δεν είναι οι ευθείες που ενώνουν τους κόμβους του γράφου, αλλά οι διαδρομές κίνησης στο χώρο της πανεπιστημιούπολης. Ουσιαστικά έγινε η παραδοχή ότι για τη μετάβαση από το ένα κτίριο ή σημείο στο άλλο ακολουθούνται οι οριζόμενες (λογικές) διαδρομές (πεζόδρομοι και δρόμοι) και όχι η προσπέλαση χώρων πρασίνου ή διαζωμάτων. Το σύνολο των διαδρομών που αντιπροσωπεύουν τις ακμές του γράφου μετρήθηκαν στο περιβάλλον σχεδιαστικού προγράμματος και καταγράφονται στον Πίνακα 2.2. Σημειώνεται ότι ο γράφος είναι μη κατευθυνόμενος και κατά συνέπεια η κίνηση μεταξύ των κόμβων μπορεί να γίνει και αντίστροφα δηλαδή 1→2 ή ισοδύναμα 2→1.

Πίνακας 2.2: Βάρη ακμών (αποστάσεις μεταξύ κόμβων)

Ακμές	Βάρη	Ακμές	Βάρη	Ακμές	Βάρη	Ακμές	Βάρη
1–2	85	5–9	101	10–14	78	14–22	78
1–3	130	5–12	173	10–22	78	15–16	64
1–5	101	5–13	100	11–12	80	15–17	75
1–6	180	5–17	317	11–15	126	15–19	123
2–3	167	6–9	111	11–16	64	15–20	177
2–4	82	6–10	148	12–13	124	16–17	54
2–5	111	6–14	134	12–16	54	16–19	104
2–8	185	7–8	101	12–17	114	16–20	162
2–12	192	7–11	128	12–20	146	17–19	120
2–13	212	8–9	223	12–21	244	17–20	110
3–5	119	8–11	86	13–14	129	17–21	203
3–6	135	8–12	87	13–16	137	18–19	244
3–9	160	8–13	204	13–17	123	18–20	144
4–5	146	8–16	71	13–18	53	18–21	85
4–7	135	9–10	209	13–19	239	19–20	150
4–8	127	9–13	87	13–20	139	20–21	154
4–13	240	9–14	130	13–21	127	21–22	142
5–6	87	9–18	76	14–18	232		
5–8	167	9–21	144	14–21	109		

Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται η μορφή του γράφου στο υπόβαθρο του τοπογραφικού διαγράμματος των εγκαταστάσεων της πανεπιστημιούπολης και στο αμέσως επόμενο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται ο γράφος με τα βάρη των ακμών.

Σχήμα 2.2: Γράφος στο υπόβαθρο του τοπογραφικού διαγράμματος των εγκαταστάσεων του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας



Σχήμα 2.3: Γράφος για τις εγκαταστάσεις του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας

2.2.3 Ανάπτυξη αλγόριθμου Dijkstra

Η ανάπτυξη και εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra έγινε στο περιβάλλον μαθηματικής γλώσσας προγραμματισμού. Η είσοδος των δεδομένων γίνεται με τη μορφή του πίνακα:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{1-1} & P_{1-2} & \dots & P_{1-21} & P_{1-22} \\ P_{2-1} & P_{2-2} & \dots & P_{2-21} & P_{2-22} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{21-1} & P_{21-2} & \dots & P_{21-21} & P_{21-22} \\ P_{22-1} & P_{22-2} & \dots & P_{22-21} & P_{22-22} \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

Οι τιμές του πίνακα είναι οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων (δηλαδή τα βάρη των ακμών) όπως αυτές μετρήθηκαν και παρουσιάστηκαν στον πίνακα 2.2, ενώ όταν δύο κόμβοι δεν συνδέονται μεταξύ τους, τότε στο αντίστοιχο πεδίο εισάγεται η τιμή 0.

Η εφαρμογή του αλγόριθμου γίνεται με μία εντολή της μορφής:

$$[cost \quad rute] = dijkstra(G, V_s, V_d) \tag{2.6}$$

Όπου:

cost: είναι το ελάχιστο κόστος, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση το συνολικό μήκος της συντομότερης διαδρομής,

rute: είναι η ακολουθία των κόμβων που ορίζει την προκυπτόμενη διαδρομή

V_s: κόμβος πηγής (σημείο εκκίνησης διαδρομής)

V_d: κόμβος προορισμού (σημείο απόληξης διαδρομής)

Το μοντέλο του αλγόριθμου Dijkstra μπορεί να εφαρμοστεί για όλες τις πιθανές διαδρομές που προκύπτουν από το γράφο που διαμορφώθηκε για την πανεπιστημιούπολη του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκαν διάφορες διαδρομές για να προσομοιωθούν με το μοντέλο, ενώ κατά την επιλογή δόθηκε έμφαση στις περισσότερο πολύπλοκες, καθώς με τον τρόπο αυτό καταδεικνύεται η αποτελεσματικότητα του αλγόριθμου Dijkstra.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 3.1 καταγράφονται τα αποτελέσματα όλων των εφαρμογών του αλγόριθμου Dijkstra για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών στην πανεπιστημιούπολη του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας. Σημειώνεται ότι κάθε διαδρομή που υπολογίστηκε ισχύει και αντίστροφα με το ίδιο κόστος και την ίδια (αλλά αντίστροφη) ακολουθία κόμβων.

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα αλγόριθμου Dijkstra

α/α	Κόμβος πηγής	Κόμβος προορισμού	Ελάχιστο κόστος	Διαδρομή
	Vs	Vd	cost	rute
1	1	7	302	1-2-4-7
2	1	17	324	1-5-13-17
3	1	15	392	1-5-12-16-15
4	1	19	432	1-5-12-16-19
5	1	21	328	1-5-13-21
6	1	9	202	1-5-9
7	1	22	392	1-6-14-22
8	2	15	310	2-12-16-15
9	2	10	346	2-5-6-10
10	2	9	212	2-5-9
11	3	7	384	3-2-4-7
12	3	22	347	3-6-14-22
13	3	19	450	3-5-12-16-19
14	4	11	213	4-8-11
15	4	18	293	4-13-18
16	4	10	381	4-5-6-10
17	7	9	324	7-8-9
18	7	20	334	7-8-16-20
19	7	10	503	7-8-5-6-10
20	9	11	288	9-13-16-11
21	9	19	326	9-13-19
22	10	3	283	10-6-3
23	10	17	330	10-14-13-17
24	11	3	372	11-12-5-3
25	11	18	254	11-16-13-18
26	12	3	292	12-5-3
27	15	4	262	15-16-8-4
28	15	10	405	15-17-13-14-10
29	16	3	346	16-12-5-3
30	16	7	172	16-8-7
31	16	10	344	16-13-14-10
32	17	2	300	17-16-12-2
33	17	3	342	17-13-5-3
34	18	7	358	18-13-8-7
35	19	2	350	19-16-12-2
36	20	4	360	20-12-8-4
37	21	2	338	21-13-5-2
38	22	4	445	22-14-6-5-4
39	22	12	331	22-14-13-12

Στα Σχήματα 3.1 και 3.2 αποτυπώνονται ορισμένες από τις συντομότερες διαδρομές που προέκυψαν από την εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra στο τοπογραφικό υπόβαθρο της πανεπιστημιούπολης.

Σχήμα 3.1: Διαδρομές 1-15: μπλε, 7-3: πορτοκαλί, 4-18: πράσινο και 22-12 μωβ

Σχήμα 3.2: Διαδρομές 19-2: μπλε, 3-22: πορτοκαλί, 7-20: πράσινο και 4-10 μωβ

Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.1 προκύπτει ότι από τις διαδρομές που προσομοιώθηκαν η μεγαλύτερη είναι μεταξύ των κόμβων 7 και 10 με μήκος (κόστος) 503 m και ακολουθία κόμβων 7-8-5-6-10. Η μικρότερη διαδρομή είναι μεταξύ των κόμβων 16 και 7 με μήκος (κόστος) 172 m και ακολουθία κόμβων 16-8-7, ενώ το μέσο μήκος των διαδρομών ανέρχεται σε 332.5 m. Η αποτύπωση ορισμένων διαδρομών στο τοπογραφικό διάγραμμα των εγκαταστάσεων της πανεπιστημιούπολης (Σχήματα 3.1 και 3.2) δείχνει πόσο εύκολα μπορεί να γίνει η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στις διαδρομές που προσδιορίστηκαν από την κεντρική πύλη εισόδου της πανεπιστημιούπολης προς διάφορα κτίρια, καθώς η είσοδος στον πανεπιστημιακό χώρο αποτελεί τη σημαντικότερη αφετηρία για την αναζήτηση διάφορων σημείων, υπηρεσιών, κτιρίων κλπ. Έτσι, οι μεγαλύτερες διαδρομές που προσομοιώθηκαν από την πύλη του ακαδημαϊκού ιδρύματος είναι: 1) 1-19, με μήκος 432 m και ακολουθία κόμβων 1-5-12-16-19, 2) 1-15, με μήκος 392 m και ακολουθία κόμβων 1-5-12-16-15 και 3) 1-22, με μήκος 392 m και ακολουθία κόμβων 1-6-14-22.

Προφανώς δεν προσομοιώθηκαν οι διαδρομές μεταξύ γειτονικών κόμβων δεδομένου ότι οι αποστάσεις μεταξύ τους είναι μικρές, ενώ η ακολουθία κόμβων θα αποτελείται αποκλειστικά από τον κόμβο πηγής και τον κόμβο προορισμού. Πρόσθετα, ένας τέτοιος υπολογισμός δεν έχει σημασία για την προσέγγιση των συντομότερων διαδρομών στους χώρους των εγκαταστάσεων του Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας.

4. ΚΑΤΑΛΗΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η εύρεση των συντομότερων διαδρομών προς συγκεκριμένους προορισμούς αποτελεί ένα ζήτημα, το οποίο μπορεί να αντιμετωπίσει κάθε επισκέπτης, ειδικά σε μία νέα και άγνωστη περιοχή. Το εν λόγω ζήτημα γίνεται μεγαλύτερο, αν η αναζήτηση των συντομότερων διαδρομών σχετίζεται με επαγγελματικές δραστηριότητες, όπως για τα μέλη μίας πανεπιστημιακής κοινότητας. Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι εγκαταστάσεις των πανεπιστημίων είναι αρκετά εκτεταμένες και με πολλά κτίρια, οπότε είναι αναγκαία η ύπαρξη κατάλληλων χαρτών ή οδηγιών ή εφαρμογών για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών.

Η παρούσα ερευνητική εργασία καταδεικνύει πως οι εγκαταστάσεις μίας πανεπιστημιούπολης (Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας) μπορεί να διαμορφωθούν ως γράφος, στον οποίο εφαρμόζεται ο αλγόριθμος Dijkstra και εξάγονται οι ζητούμενες κάθε φορά συντομότερες διαδρομές, με ακρίβεια και ταχύτητα. Η εργασία αυτή, όπως φαίνεται και από τα σχήματα 3.1 και 3.2, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία έντυπων ή ψηφιακών χαρτών με οδηγίες για την εύρεση των συντομότερων διαδρομών στο χώρο του πανεπιστημίου. Πρόσθετα, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία μίας εφαρμογής με αυτές τις δυνατότητες, όπως και στην περίπτωση της έρευνας των Gao et al., το 2014 και των Lateef et al., το 2017.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της εργασίας είναι το γεγονός ότι ένας απλός αλγόριθμος όπως ο αλγόριθμος Dijkstra μπορεί να εφαρμοστεί, με ορισμένες υποθέσεις ή παραδοχές, για την εκτίμηση των συντομότερων διαδρομών σε μία πανεπιστημιούπολη. Ταυτόχρονα, η προσομοίωση του αλγόριθμου Dijkstra, μέσα από το υπολογιστικό περιβάλλον μίας μαθηματικής γλώσσας προγραμματισμού, παρέχει μεγάλη ταχύτητα για τους υπολογισμούς των συντομότερων διαδρομών, από κάθε σημείο του πανεπιστημιακού χώρου.

Μία ακόμη δυνατότητα που προκύπτει από την παρούσα ερευνητική εργασία είναι η δημιουργία νέων προτεινόμενων διαδρομών, με μικρές παρεμβάσεις στις υποδομές των χώρων πρασίνου ή μικρών διαζωμάτων, προκειμένου να βελτιστοποιηθούν ορισμένα πολύπλοκα μονοπάτια. Ειδικότερα, αν με τις υπάρχουσες υποδομές της πανεπιστημιούπολης προ-

κύπτει μία αρκετά πολύπλοκη διαδρομή, που απαιτεί την περιττή κίνηση περιμετρικά μη προσπελάσιμων χώρων, τότε είναι εφικτό με μία μικρή παρέμβαση να γίνει συντομότερη.

Τέλος, η πετυχημένη εφαρμογή του αλγόριθμου Dijkstra για τον προσδιορισμό των συντομότερων διαδρομών στους εξωτερικούς χώρους της πανεπιστημιούπολης δημιουργεί τις προϋποθέσεις για επέκταση και στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων με οδηγίες για τα συντομότερα μονοπάτια μεταξύ των αιθουσών, γραφείων, εργαστηρίων, διοικητικών υπηρεσιών κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agarana, M.C., Omoregbe, N.C. and Ogunpeju, M.O. 2016. *Application of Dijkstra algorithm to proposed tramway of a potential world class university*. Applied Mathematics, 7: 496–503.

Ahuja, K.R., Mehlhorn, K., Orlin, B.J. and Tarjan, E.R. 1990. *Faster algorithms for the shortest path problem*. Journal of the ACM, 37(2): 213–223.

Dijstra, E.W. 1959. *A Note of Two Problems in Connexion with Graph*. Numerische Mathematik. 1, 23-33.

Frana, P. 2010. *An Interview with Edsger W. Dijkstra*. Communication of the ACM. 53(8), 41-47.

Gao, H., Wu, D. and Zhang, B. 2014. *Optimizing Paths Taken Across Campus With Respect to Distance and Weather*. 21-393 Final Project.

Lateef, U.O., Adedeji, A., Kazeem, R. and Idowu, P.A. 2017. *Determination of the shortest path of a Nigerian university map using Dijkstra' s algorithm*. 11th International Multi-Conference on ICT Applications (AICTRRA, 2017).

Orlin, J.B., Madduri, K., Subramani, K. and Williamson, M. 2010. *A faster algorithm for the single source shortest path problem with few distinct positive lengths*. Journal of Discrete Algorithms, 8(2): 189–198.

Pai, G.A.V. 2010. *Data Structures and Algorithms: Concepts, Techniques and Applications*. Tata McGraw-Hill Education Private Limited, New Delhi, India.

Pramod, P. and Sunanda, D. 2014. *Railway Route Optimization System using Dijkstra's Method*. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, 2(3): 3435-3440.

Sabri, N.A.M., Basari, A.S.H., Husin, B. and Samah, K.A.F.A. 2015. *The Utilization of Dijkstra's Algorithm to Assist Evacuation Route in Higher and Close Building*. Journal of Computer Science, 11(2): 330–336.

Schrijver, A. 2010. *On the History of the Shortest Path Problem*. Documenta Mathematica. pp. 172.

Shivani, J. and Singh, J. 2013. *Route Planning in Vanet By Comparative Study of Algorithms*. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(7), 682-689.

Subodh, K.D., Deval, M., Shriniwa, S.A., Ajit, P.S. and Ashoke, K.S. 2013. *Routing Choice Modelling using Fuzzy Logic and Adaptive Neuro-Fuzzy. Modern Traffic and Transportation*. Engineering Research, 2(4): 91–99.

Theodoridis, S. 2015. *Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective*. Academic Press.

Καριώτης, Γ., Θεοδωρίδου, Λ., Καριώτου, Γ. και Παναγιωτόπουλος, Ε. 2010. *Από την καχυποψία στη συνύπαρξη. Ο Δήμος Σερρών και το campus του Τ.Ε.Ι. Σερρών (1979-2009)*. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή και θέμα: Τοπικές Κοινωνίες και Τριτοβάθμια Εκπαιδευτικά Ιδρύματα: Συνύπαρξη για Αειφορική Ανάπτυξη, Ρόδος 24-25 Απριλίου.