



Champions League Final 2019: Passing Network Analysis using Network Science

Μάθημα: Ανάλυση Κοινωνικών Δικτύων

Υπεύθυνος Καθηγητής: Δημήτριος Πουρναράκης

Φοιτητής: Μπούρης Δημήτρης (8190119)

Αθήνα
Ιανουάριος 2023

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	3
Δίκτυα Μεταβιβάσεων - Passing Networks	4
Tottenham - Liverpool UCL Final: Ανασκόπηση	5
Συλλογή δεδομένων	7
Γραφική Αναπαράσταση Δικτύου	10
Βασικές Μετρικές του Δικτύου	11
Degree Measures	14
Centrality Measures	16
1. Degree Centrality	17
a. Weighted Degree	17
b. Weighted In-Degree	18
c. Weighted Out-Degree	19
2. Betweenness Centrality	20
3. Closeness Centrality	21
4. Eigenvector Centrality	22
Clustering Effects	23
Graph Density	28
PageRank	29
Modularity	30
Bridges and Local Bridges	32
Gender and Homophily	35
Τοποθετήσεις	37
Συμπεράσματα	39
Βιβλιογραφία	40

Εισαγωγή

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εφαρμογή των τεχνικών ανάλυσης Κοινωνικών Δικτύων σε κάποιο σύνολο δεδομένων με απώτερο σκοπό την ερμηνεία των ευρημάτων και κατ' επέκταση την εξαγωγή συμπερασμάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, το είδος του δικτύου που επιλέχθηκε να αναλυθεί είναι το Passing Network ή αλλιώς το δίκτυο μεταβιβάσεων για το άθλημα του ποδοσφαίρου. Ως passing network ορίζεται ένα δίκτυο το οποίο απεικονίζει τις μεταβιβάσεις (πάσες) μεταξύ των ποδοσφαιριστών μιας ομάδας εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Στην σύγχρονη εποχή του ποδοσφαίρου, η τεχνολογία διαδραματίζει πια καθοριστικό ρόλο στον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της ανάπτυξης των ομάδων με τα συγκεκριμένα δίκτυα να αποτελούν σημαντικό εργαλείο. Η μελέτη τέτοιων δικτύων προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τη συνολική απόδοση μιας ομάδας, τον τρόπο ανάπτυξης αλλά και τους πολυτιμότερους ποδοσφαιριστές.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο εντοπισμός και η ανάλυση δεδομένων μεταβιβάσεων για κάποιο πρόσφατο ποδοσφαιρικό γεγονός και την κατασκευή του αντίστοιχου δικτύου για κάθε μια από τις δύο ομάδες. Επόμενο βήμα θα είναι η μελέτη των δικτύων αυτών τόσο ξεχωριστά όσο και συλλογικά στα πλαίσια μιας ποδοσφαιρικής αναμέτρησης με σκοπό την εύρεση απαντήσεων για τα παρακάτω ερωτήματα:

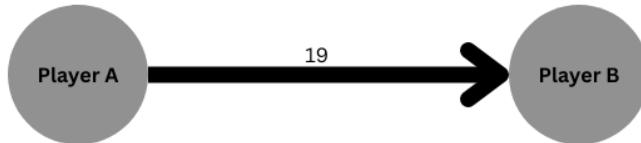
- Ποίος είναι ο πολυτιμότερος παίκτης στα πλαίσια της κυκλοφορίας της μπάλας για κάθε ομάδα;
- Τι μοντέλο ανάπτυξης ακολουθήθηκε από κάθε ομάδα και πώς αντίστοιχα αντιμετωπίστηκε από την αντίπαλη και με τι επιτυχία;
- Ποιές “υποομάδες” παικτών που αλληλεπιδρούν συχνά δημιουργούνται;
- Ποιός ήταν ο πιο ομαδικός η μή παίκτης για κάθε ομάδα;
- Ποιά εναλλακτική τακτική θα μπορούσε να ακολουθηθεί;
- Τελικά η κατοχή της μπάλας είναι σημαντικός παράγοντας νίκης ή όχι;

Απαντήσεις σε τέτοια ερωτήματα αποτελούν πολύτιμη πληροφορία για κάθε ομάδα καθώς μπορεί έτσι να σχεδιάσει αποτελεσματικότερα τον τρόπο παιχνίδιού της και να γίνει πιο απειλητική. Εξίσου πολύτιμη είναι και για τους αντιπάλους της αφού μπορούν έτσι να σχεδιάσουν και να προσαρμόσουν το παιχνίδι τους πάνω στα αδύναμα σημεία της άλλης ομάδας και κατ'επέκταση να επιβάλουν έναν δικό τους αγωνιστικό ρυθμό. Για τον λόγο αλλά και πολλούς άλλους που θα αναλυθούν αργότερα, τα δεδομένα μεταβιβάσεων δεν είναι δημόσια διαθέσιμα και μάλιστα ομάδες που δεν διαθέτουν δικά τους συστήματα συλλογής τέτοιας πληροφορίας πληρώνουν ακριβά για να τα αποκτήσουν. Ελεύθερα δεδομένα υπάρχουν για ελάχιστες αναμετρήσεις όπως αυτή του τελικού του Champions League 2019 ανάμεσα σε Tottenham και Liverpool της οποίας και τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

Δίκτυα Μεταβιβάσεων - Passing Networks

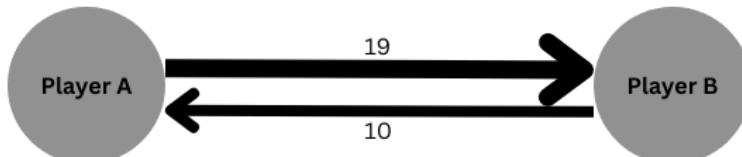
Στο ποδόσφαιρο, η μεταβίβαση είναι μια από τις πιο κρίσιμες πτυχές του παιχνιδιού. Επιτρέπει στις ομάδες να μετακινούν την μπάλα στο γήπεδο και να δημιουργούν ευκαιρίες για γκολ. Τα δίκτυα μεταβιβάσεων, στοχεύουν στην μελέτη των αλληλεπιδράσεων αυτών μεταξύ των παικτών εντός ενός ποδοσφαιρικού αγώνα για την άντληση συμπερασμάτων σχετικά με την ανάπτυξη της.

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο Passing Network ορίζεται ένα δίκτυο του οποίου οι κόμβοι αναπαριστούν παίκτες και οι ακμές αναπαριστούν την αλληλεπίδραση των παικτών μέσω κάποιας πάσας - μεταβίβασης. Με σκοπό την ένταξη στο δίκτυο μας του πραγματικού αριθμού των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παικτών (αριθμός πασών) το δίκτυο μας είναι κατευθυνόμενο (directed) και σταθμισμένο (weighted) υπονοώντας έτσι πως η αλληλεπίδραση μπορεί να προέρχεται και από τους δύο παίκτες αλλά το αντίστοιχο "μεγεθός" της να διαφέρει. Οι σχέσεις που εντοπίζονται στο δίκτυο ανάμεσα στους κόμβους του περιγράφονται από την παρακάτω σχέση:



Όπως αναφέρθηκε πρίν, οι κόμβοι αναπαριστούν τους παίκτες και οι ακμές τις πάσες μεταξύ τους. Επομένως, δεδομένου και του σταθμισμένου δίκτυου, η παραπάνω σχέση ερμηνεύεται ως εξής. Ο παίκτης Α έχει πραγματοποιήσει 19 πάσες προς τον παίκτη Β. Το βάρος της σχέσης (πασα) φαίνεται από το μέγεθος του βέλους που συνδέει τους δύο κόμβους. Στην περίπτωση όμως ενός πραγματικού αγώνα ποδοσφαίρου, οι αλληλεπιδράσεις είναι περιπλοκότερες.

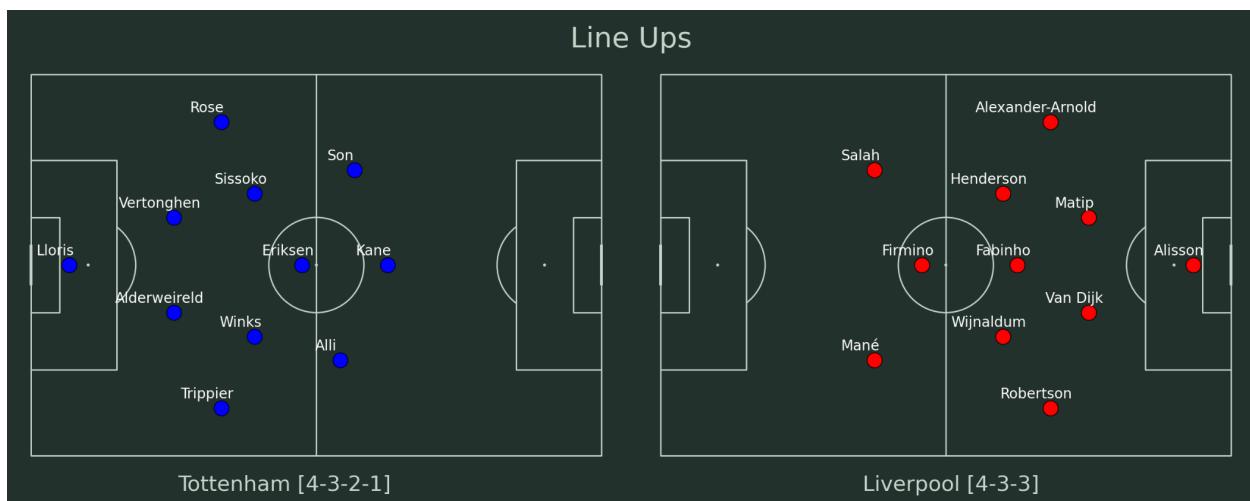
Ανάμεσα σε δύο παίκτες μπορούν να δημιουργηθούν συνολικά 4 σχέσεις. Μόνο ο παίκτης Α κάνει πάσες στον Β (1), μόνο ο παίκτης Β κάνει πάσες στον Α (2), ανταλλάσσουν μεταξύ τους πάσες (3) και τέλος δεν ανταλλάσσουν καμία πάσα μεταξύ τους (4). Παρακάτω απεικονίζεται σε όρους δικτύων η σχέση (3) κατά την οποία ο παίκτης Α πραγματοποιεί 19 πάσες στον Β ενώ αντίστοιχα ο Β προς τον Α 10. Στα δίκτυα και των δύο ομάδων εμφανίζονται και οι τέσσερις περιπτώσεις συσχετίσεων που αναφέρθηκαν.

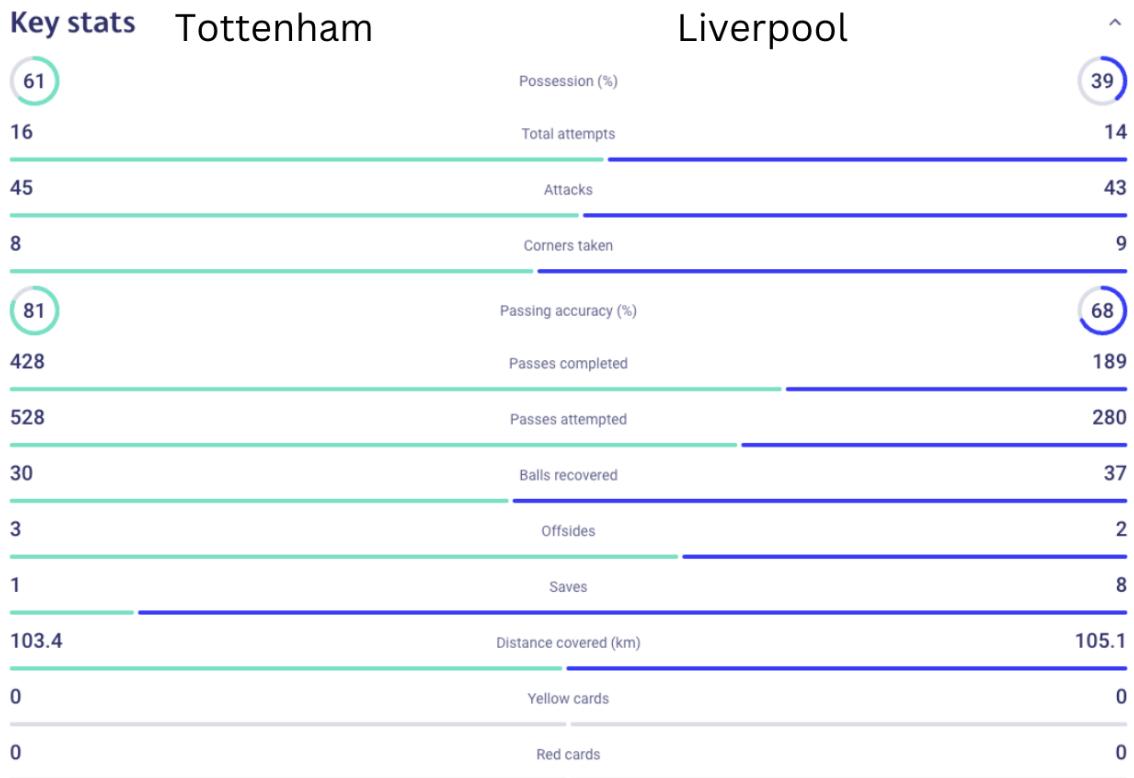


Tottenham - Liverpool UCL Final: Ανασκόπηση

Ο τελικός του UEFA Champions League 2019 διεξήχθη την 1η Ιουνίου 2019 στο Wanda Metropolitano στη Μαδρίτη της Ισπανίας μεταξύ των Αγγλικών ομάδων Tottenham Hotspur και την Liverpool. Η Λίβερπουλ κέρδισε τον αγώνα με 0-2, με τα γκολ των Σαλάχ και Οριγκί. Αυτός ήταν ο έκτος τίτλος του Champions League για τη Λίβερπουλ και έγινε ο δεύτερος αγγλικός σύλλογος που κέρδισε το τουρνουά έξι φορές, μετά τη Μάντσεστερ Γιουνάιτεντ. Στα γενικότερα στατιστικά του παιχνιδιού, η Tottenham είχε την κατοχή της μπάλας και συνολικά πραγματοποίησε και περισσότερες ευκαιρίες και επιθέσεις. Ιδιαίτερη εντύπωση επίσης προκαλεί το γεγονός πως συνολικά η τυπικά φιλοξενούμενη ομάδα πραγματοποίησε 428 επιτυχημένες πάσες σε αντίθεση με τις 189 της Liverpool.

Παρακάτω φαίνονται οι αρχικές τοποθετήσεις των παικτών και των δύο ομάδων στον αγωνιστικό χώρο καθώς και τα σημαντικότερα στατιστικά του αγώνα από την UEFA. Διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων εντοπίζεται στην παράταξη της επιθετικής γραμμής με την Tottenham να αγωνίζεται με δύο ακραίους και έναν πρωθημένο κεντρικό επιθετικό ενώ η Liverpool από την άλλη τοποθετεί τους τρεις επιθετικούς της στην ίδια νοητή ευθεία.





[Full Game Stats: UEFA]

Παρά τις εντυπωσιακές στατιστικές επιδόσεις της Tottenham στα πλαίσια της κυκλοφορίας της μπάλας αλλά και της κατοχής, η Liverpool κατάφερε και επικράτησε στην αναμέτρηση με 0-2. Σημαντικός παράγοντας της νίκης ήταν το γκολ από πέναλτι που πέτυχε μόλις στο δεύτερο λεπτό της αναμέτρησης καθώς και οι πολύ σημαντικές (8) αποκρούσεις του τερματοφύλακα της Alisson Becker. Όπως θα αναφερθεί και αργότερα, στα πλαίσια της συγκεκριμένης ανάλυσης χρησιμοποιούνται δεδομένα μόνο από το πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης. Τα σημαντικότερα στατιστικά του αγώνα για το πρώτο μέρος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

First Half		
Statistic	Tottenham Hotspur	Liverpool
Goals scored	0	1
Total shots	2	8
Shots on target	0	2
Ball possession	61%	39%

[First Half Stats: Sofa Score]

Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα πιστοποιητικών αγώνων και συγκεκριμένα στοιχεία σχετικά με τις μεταβιβάσεις δεν είναι δημόσια διαθέσιμα για διάφορους λόγους. Ένας λόγος είναι ότι τα δεδομένα ανήκουν συχνά στα πρωταθλήματα ή στις ίδιες τις ομάδες οι οποίες μπορεί να επιλέξουν να μην τα δημοσιοποιήσουν. Επιπλέον, τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση και λήψη στρατηγικών αποφάσεων από αντίπαλες ομάδες και προπονητές και η δημοσιοποίηση τους θα μπορούσε να δώσει αθέμιτο πλεονέκτημα. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ροή εσόδων από το πρωτάθλημα ή τις ομάδες καθώς μπορούν να το πουλήσουν σε ραδιοτηλεοπτικούς φορείς, μέσα ενημέρωσης ή εταιρείες στοιχημάτων.

Έτσι, πολλά πρωταθλήματα και ομάδες έχουν επίσημες συνεργασίες με παρόχους δεδομένων και έχουν αποκλειστικές συμφωνίες που καθιστούν δύσκολη την πρόσβαση τρίτων στα δεδομένα. Η εξαγωγή των δεδομένων πασών αλλά όχι μόνο γίνεται κυρίως με την χρήση συστημάτων οπτικής παρακολούθησης, τα οποία χρησιμοποιούν κάμερες τοποθετημένες γύρω από το γήπεδο για να παρακολουθούν την κίνηση των παικτών και της μπάλας. Αυτά τα συστήματα είναι εξοπλισμένα με αλγόριθμους computer vision για να αναλύσουν τις εικόνες που τραβήχτηκαν από τις κάμερες και να εξάγουν πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις των παικτών, τη μπάλα και άλλα σχετικά αντικείμενα στο γήπεδο. Μια άλλη δημοφιλής μέθοδος είναι η χρήση τεχνολογίας wearables, όπως ιχνηλάτες GPS ή επιταχυνσιόμετρα που είναι ενσωματωμένα στις στολές των παικτών. Αυτές οι συσκευές μπορούν να παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις ενός παίκτη, συμπεριλαμβανομένης της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της κατεύθυνσης του ταξιδιού.

Στο διαδίκτυο, υπάρχουν κάποιοι συγκεκριμένοι φορείς που παρέχουν δεδομένα για συγκεκριμένους αγώνες. Έτσι έγινε και η απόκτηση των δεδομένων στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η StatsBomb μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από αθλητικά γεγονότα παρέχει ελεύθερα για συνολικά 4 τελικούς Champions League στατιστικά για τις πάσες, τις αναχαιτίσεις και τις σέντρες. Τα δεδομένα βρίσκονται στο σχετικό github αποθετήριο ([statsbomb/open-data](#)). Η ανάκτηση τους έγινε μέσω του παρακάτω Python script. Για την απλούστευση τόσο του dataset όσο και της διαδικασίας κατασκευής του χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αφορούν μόνο το πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης. Ο κύριος λόγος πίσω από αυτήν την επιλογή ήταν το γεγονός πως στο πρώτο μέρος της αναμέτρησης καμία από τις δύο ομάδες δεν πραγματοποίησε κάποια αλλαγή που σημαίνει πως ο αριθμός των κόμβων για το κάθε δίκτυο παρέμεινε σταθερός (11 ποδοσφαιριστές) και έτσι δεν χρειάστηκε να γίνει επιλογή για το πιο κόμβοι θα παραμείνουν ή όχι στο δίκτυο.

```
import pandas as pd
from statsbombpy import sb

# get the UCL Final 2019 game with match id 16 as it is provided in the documentation
sb.matches(competition_id=16, season_id=4)

# filter the dataset and keep only the passing events
passes = sb.events(match_id=22912, split=True, flatten_attrs=False) ["passes"]
# keep the needed columns
passes = passes.loc[:,['team', 'period', 'player', 'pass', 'player_id']]

# split the dataset for the 2 teams
liverpool = passes[(passes['period']==1) & (passes['team']=='Liverpool')]
tottenham = passes[(passes['period']==1) & (passes['team']=='Tottenham Hotspur')]

# the pass column contains a json object which lists info about the exact location of
# the origin and recipient player as well as the recipient id

# keep the recipient id and name for the Liverpool passes
d_l = liverpool['pass'].apply(pd.Series)['recipient'].apply(pd.Series)
liverpool['recipient'] = d_l['name']
liverpool['recipient_id'] = d_l['id']

# keep the recipient id and name for the Tottenham passes
d_l = tottenham['pass'].apply(pd.Series)['recipient'].apply(pd.Series)
tottenham['recipient'] = d_l['name']
tottenham['recipient_id'] = d_l['id']
```



```

'Joël Andre Job Matip':'Matip',
'Fábio Henrique Tavares':'Fabinho',
'Virgil van Dijk': 'Van Dijk',
'Georginio Wijnaldum': 'Wijnaldum',
'Sadio Mané': 'Mané',
'Andrew Robertson': 'Robertson',
'Trent Alexander-Arnold': 'Alexander-Arnold',
'Mohamed Salah' : 'Salah',
'Alisson Ramsés Becker' : 'Alisson',
'Roberto Firmino Barbosa de Oliveira': 'Firmino'}

# finally, export the node and edge table for both teams in a csv file
liverpool_players.to_csv('liverpool_players.csv', index=False)
tottenham_players.to_csv('tottenham_players.csv', index=False)

l_passes.to_csv('liverpool_passes.csv', index=False)
t_passes.to_csv('tottenham_passes.csv', index=False)

```

Στην συνέχεια και μετά την μετατροπή των δεδομένων σε μορφή κατάλληλη, εισήχθησαν στο λογισμικό ανάλυσης Κοινωνικών Δικτύων Gephi. Εκεί πραγματοποιήθηκαν όλες οι σχετικές αναλύσεις που θα παρουσιαστούν παρακάτω με την χρήση των αντίστοιχων plugin. Οι μετρικές που προέκυψαν από την ανάλυση έγιναν Export με την χρήση του αντίστοιχου εργαλείου και στην συνέχεια και για τους σκοπούς της παρουσίασης του δικτύου χρησιμοποιήθηκε η Python. Με την χρήση των εργαλείων οπτικοποίησης της Python που θα αναλυθούν παρακάτω, επιτυγχάνεται η παρουσίαση του δικτύου με εφέ ποδοσφαιρικού γηπέδου.

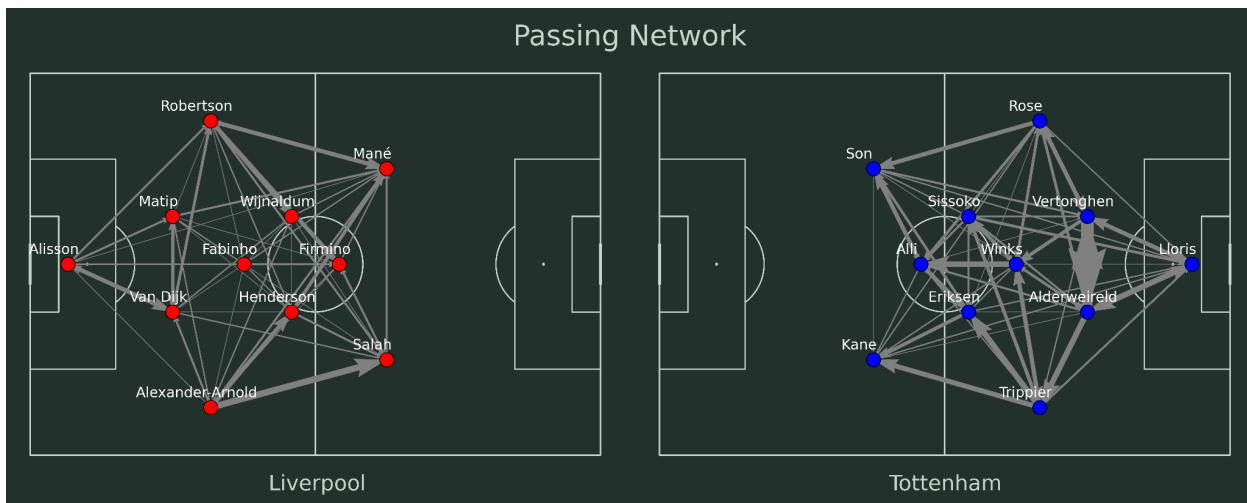
Γραφική Αναπαράσταση Δικτύου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σκοπός μας είναι η ανάλυση και η ερμηνεία των δύο δικτύων τόσο ατομικά όσο και συλλογικά στα πλαίσια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. Αφού το Gephi σαν λογισμικό δεν υποστηρίζει την συγκεκριμένη λειτουργία παράλληλης απεικόνισης δικτύων, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη της Python Matplotlib σε συνδυασμό με την [mpsoccer](#). Η τελευταία, είναι μια βιβλιοθήκη ολοκληρωμένης απεικόνισης ποδοσφαιρικών ομάδων στον αγωνιστικό χώρο. Έτσι, με την χρήση Python και Pandas υλοποιήθηκε μια συνάρτηση κατασκευής και απεικόνισης των δικτύων μεταβιβάσεων και για τις δύο ομάδες σε οριζόντια αναπαράσταση με τα δύο δίκτυα το ένα δίπλα στο άλλο.

Οι παίκτες είναι τοποθετημένοι στο δίκτυο με βάση την θέση τους στην αρχική διάταξη. Όπως παρατηρούμε, η ομάδα της Tottenham έχει παραταθεί με σχηματισμό **4-3-2-1** ενώ της Liverpool με **4-3-3**. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ύπαρξη βέλους μεταξύ δύο παικτών σημαίνει

πως ο παίκτης στην αρχή του βέλους πραγματοποιεί πάσες προς τον παίκτη στο τέλος του βέλους. Ο αριθμός των πασών φαίνεται από το πάχος του βέλους.

Σημείωση: ότι συμπέρασμα προκύψει από τις παρακάτω αναλύσεις αφορά αποκλειστικά το πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης Tottenham - Liverpool για τον τελικό του UEFA Champions League 2019 και οποιαδήποτε γενίκευση αυτών πιθανότατα να οδηγήσει σε ανακριβείς διαπιστώσεις.



Ένα στοιχείο που μπορεί να προκύψει από μια αρχική προσεκτική μελέτη των παραπάνω δικτύων μεταβιβάσεων είναι πως η ομάδα της Tottenham πραγματοποιεί πολλές πάσες στον άξονα (πυκνά και πλατιά βέλη) σε αντίθεση με την Liverpool της οποίας οι περισσότερες πάσες εντοπίζονται στα άκρα. Αυτό παραπέμπει και στον διαφορετικό τρόπο επίθεσης των δύο ομάδων, από τον άξονα και τις πλευρές αντίστοιχα κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από αναλύσεις στην συνέχεια. Παρατηρούμε επιπλέον πως οι περισσότερες μεταβιβάσεις για την ομάδα της Tottenham εντοπίζονται στην κεντρική και αμυντική γραμμή ενώ για την Liverpool, οι περισσότερες πάσες φαίνεται πως πραγματοποιούνται στην μεσο-επιθετική γραμμή. Η παραπάνω διαπίστωση μας παραπέμπει σε μια πιο επιθετική συμπεριφορά από την Liverpool σε αντίθεση με την πιο αμυντική στάση της Tottenham κάτι που διερευνάται παρακάτω.

Βασικές Μετρικές του Δικτύου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, γίνεται μία αρχική ανάλυση του μεγέθους των δύο δικτύων καθώς και ένας αρχικός εντοπισμός ομοιοτήτων και διαφορών στο πλαίσιο αυτό. Οι πρώτες μετρικές που θα αναλυθούν παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα.

	Tottenham	Liverpool
Κόμβοι	11	11
Ακμές	84	73
Διάμετρος Δικτύου	2	2
Μέσο Μήκος Μονοπατιών	1.23	1.33

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται πως η ομάδα της Tottenham έχει ένα πιο πυκνό δίκτυο με τους παίκτες να αλληλεπιδρούν οι περισσότεροι μεταξύ τους. Από την μεριά της Liverpool, φαίνεται πως το δίκτυο της είναι πιο περιορισμένο και οι παίκτες δεν αλληλεπιδρούν όλοι μεταξύ τους. Η ανάλυση για την πυκνότητα του δικτύου θα πραγματοποιηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Διάμετρος Δικτύου: Ορίζεται ως το μέγιστο ελάχιστο μονοπάτι μεταξύ δύο οποιωνδήποτε κόμβων. Στα πλαίσια του passing network, μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής: Ο μέγιστος αριθμός πασών που χρειάζονται έτσι ώστε η μπάλα να φτάσει από την μία άκρη του δικτύου στην άλλη (π.χ από τον τερματοφύλακα στον επιθετικό). Και για τις δύο ομάδες η τιμή αυτή είναι ίδια (= 2 πάσες) που σημαίνει πως για να μεταφερθεί η μπάλα μεταξύ των 2 πιο ακραίων παικτών του δικτύου απαιτούνται 2 πάσες συνολικά. Η χαμηλή αυτή τιμή και για τις δύο ομάδες παραπέμπει σε χρήση μεγάλων μεταβιβάσεων. Ο λόγος της παραπάνω διαπίστωσης είναι πως λόγω της τοποθέτησης των παικτών στο γήπεδο η μεταφορά της μπάλας μεταξύ των πιο ακραίων παικτών (π.χ. τερματοφύλακας και κεντρικός επιθετικός) με την χρήση passing game θα χρειαζόταν πολλά περισσότερα από 2 βήματα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι μεγάλες μεταβιβάσεις. Έτσι, ο τερματοφύλακας μπορεί με μία μεγάλη μπαλία να φτάσει τον κεντρικό επιθετικό από το τέρμα του. Τέτοιες μπαλίες όμως έχουν σημαντικό ρίσκο και συχνά δεν είναι αποτελεσματικές.

Μέσο Μήκος Μονοπατιών: Το μέσο μήκος μονοπατιών σε ένα δίκτυο είναι ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας της ροής πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. Υπολογίζεται ως ο μέσος όρος όλων των συντομότερων διαδρομών μεταξύ όλων των ζευγών κόμβων στο δίκτυο. Στην δική μας περίπτωση ερμηνεύεται ως η μέση απόσταση (σε πάσες) που πρέπει η μπάλα να ταξιδέψει για να φτάσει από τον έναν παίκτη σε κάποιον άλλο. Οι μετρικές 1.23 και 1.33 για τις δύο ομάδες αντίστοιχα παραπέμπουν σε ενα σχετικά αποδοτικό passing game με κοντινές πάσες και μεγάλη αλληλεπίδραση μεταξύ των παικτών. Και για τις δύο ομάδες υποδεικνύεται πως οι παίκτες της είναι καλά συνδεδεμένοι και μπορούν να μετακινήσουν την μπάλα γρήγορα. Θα μπορούσε επίσης να υποδηλώνεται και μια καλή στρατηγική για τη διατήρηση της κατοχής της και τη μετακίνηση της μπάλας στο γήπεδο όμως για να το αποδείξουμε αυτό χρειαζόμαστε περισσότερα στοιχεία. Η διαφορά των 0.1 μονάδων υποδηλώνει πως η Tottenham κυκλοφορεί λίγο πιο γρήγορα την μπάλα μέσα στο γήπεδο καθώς χρειάζεται μόλις 1.23 πάσες για να μεταφέρει την μπάλα από έναν παίκτη σε έναν άλλο κάτι όμως που παραπέμπει σε μεγάλες μεταβιβάσεις. Από την άλλη μεριά, η Liverpool φαίνεται να επιμένει περισσότερο σε εναλλαγή της μπάλας με κοντινές μεταβιβάσεις και υπομονή για αυτόν τον λόγο χρειάζεται 1.33 πάσες για να μεταφέρει την μπάλα από έναν παίκτη στον άλλο.

Component Measures

Στα πλαίσια της ανάλυσης των διαφορετικών συστατικών μερών των δικτύων, στόχος μας είναι να εντοπίσουμε τα ισχυρά - αδύναμα συνδεδεμένα συστατικά μέρη τους (weakly - strongly connected components) και κατ' επέκταση να ορίσουμε το κεντρικό συστατικό τους (giant component).

Strongly Connected Component: Ένα ισχυρά συνδεδεμένο μέρος σε ένα δίκτυο είναι ένα υποσύνολο του όπου υπάρχει μια κατευθυνόμενη διαδρομή από οποιονδήποτε κόμβο σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο, καθώς και από οποιονδήποτε άλλο κόμβο σε αυτόν τον κόμβο. Με άλλα λόγια, όλοι οι κόμβοι σε ένα ισχυρά συνδεδεμένο μέρος είναι αμοιβαία προσβάσιμοι μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια κατευθυνόμενη διαδρομή από οποιονδήποτε κόμβο A προς οποιονδήποτε άλλο κόμβο B και επίσης από τον κόμβο B στον κόμβο A.

Weakly Connected Component: Από την άλλη πλευρά, με δεδομένο ένα κατευθυνόμενο γράφο, ένα ασθενώς συνδεδεμένο μέρος είναι ένα υποσύνολο του αρχικού γράφου όπου όλοι οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο μονοπάτι, αγνοώντας την κατεύθυνση των ακμών.

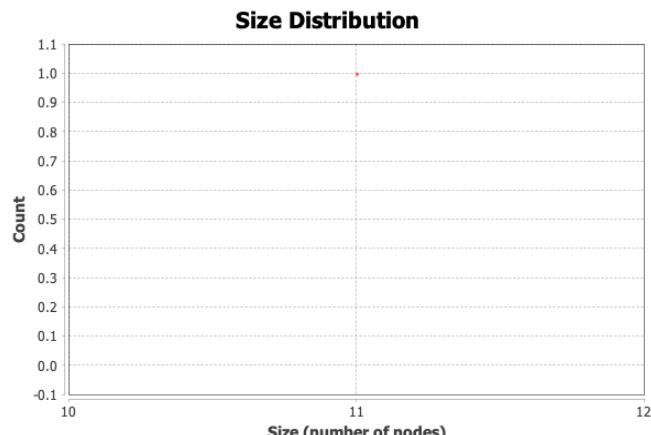
Ένα παράδειγμα ισχυρά συνδεδεμένου μέρους θα ήταν μια ομάδα ανθρώπων που ακολουθούν και ακολουθούνται ο ένας από τον άλλο σε ένα κοινωνικό δίκτυο όπως το Twitter. Είναι αμοιβαία προσβάσιμα και αλληλεπιδρούν αμφίδρομα. Ένα παράδειγμα ασθενώς συνδεδεμένου στοιχείου θα ήταν μια ομάδα απόμων που ακολουθούν ο ένας τον άλλον σε ένα κοινωνικό δίκτυο, αλλά δεν ακολουθούνται πίσω, επομένως είναι προσβάσιμοι αλλά όχι απαραίτητα αμοιβαία προσβάσιμοι.

Giant Component: Ορίζεται ως ένα συνδεδεμένο μέρος ενός δικτύου που περιέχει ένα σημαντικό ποσοστό του συνόλου των κόμβων του. Τυπικά, καθώς το δίκτυο επεκτείνεται, το giant component θα συνεχίσει να έχει ένα σημαντικό ποσοστό του συνόλου των κόμβων. Στην περίπτωση πολλών συνδεδεμένων μερών, ως giant ορίζεται αυτό με τους περισσότερους κόμβους.

Με την χρήση του εργαλείου του Gephi “Connected Components”, μπορούμε να βρούμε για το δίκτυο και των 2 ομάδων τα ισχυρά και αδύναμα συνδεδεμένα μέρη του και στην συνέχεια να εντοπίσουμε το giant component. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

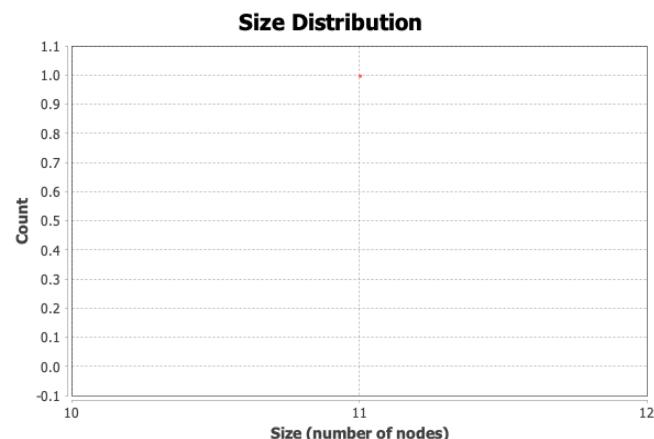
1. Tottenham Passing Network

Number of Weakly Connected Components: 1
Number of Strongly Connected Components: 1



2. Liverpool Passing Network

Number of Weakly Connected Components: 1
Number of Strongly Connected Components: 1



Παρατηρούμε πως τα αποτελέσματα και για τις 2 ομάδες είναι ίδια. Συνολικά εντοπίζεται ένα component και συνολικά 1 αδύναμα και ένα ισχυρά συνδεδεμένο όπως φαίνεται παραπάνω. Από τα διαγράμματα κατανομής του μεγέθους του μοναδικού component βλέπουμε πως περιέχει και στις δύο περιπτώσεις και τους 11 παίκτες. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν πως κάθε παίκτης μπορεί με κάποιον τρόπο να μεταφέρει την μπάλα σε έναν συμπαίκτη του σε κάθε περίπτωση. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό και θεμιτό καθώς η ύπαρξη αδύναμων ή και ισχυρών συνδεδεμένων υποτομημάτων σε μια ποδοσφαιρική 11άδα θα δημιουργούσε σημαντικά προβλήματα ανάπτυξης και μεταφοράς της μπάλας αφού τα μονοπάτια θα ήταν συγκεκριμένα και ο τρόπος ανάπτυξης προβλέψιμος. Σκοπός μιας ομάδας είναι η αρμονική ανάπτυξη της, η ελευθερία συνεργασιών αλλά και η ευελιξία κάτι το οποίο ευνοείται από την ύπαρξη ενός μεγάλου component που περιέχει όλους τους παίκτες της.

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω, ένα παράδειγμα ποδοσφαιρικής ομάδας με δύο ισχυρά συνδεδεμένα μέρη θα μπορούσε να είναι μια ομάδα που έχει σαφή κατανομή των ευθυνών μεταξύ των επιθετικών και των χαφ. Οι επιθετικοί μπορεί να αποτελούν ένα ισχυρά συνδεδεμένο στοιχείο, με συχνές πάσες μεταξύ τους καθώς επικεντρώνονται στην επίθεση και στο σκοράρισμα. Οι χαφ μπορεί να αποτελέσουν ένα άλλο ισχυρά συνδεδεμένο στοιχείο, με συχνές πάσες μεταξύ τους καθώς επικεντρώνονται στη διατήρηση της κατοχής και στη διανομή της μπάλας. Το προβληματικό στοιχείο σε αυτήν την περίπτωση είναι πως τα δύο διαφορετικά μέρη δεν εμπλέκονται καθόλου μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, οι επιθετικοί δεν συμβάλουν στην ανασταλτική λειτουργία της ομάδας ενώ οι χαφ εκτός από την προώθηση της μπάλας δεν βοηθούν στην επιθετική λειτουργία. Μια τέτοια τακτική είναι πολύ ντετερμινιστική και προβλέψιμη αφού λείπουν οι συνδυασμοί και κατ' επέκταση η διάσπαση μιας καλά οργανωμένης άμυνας θα είναι δύσκολη. Σκοπός είναι η θεωρητική διάκριση των παικτών της ομάδας (αμυντικοί - χαφ - επιθετικοί) αλλά και η συνεχής αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ τους.

Degree Measures

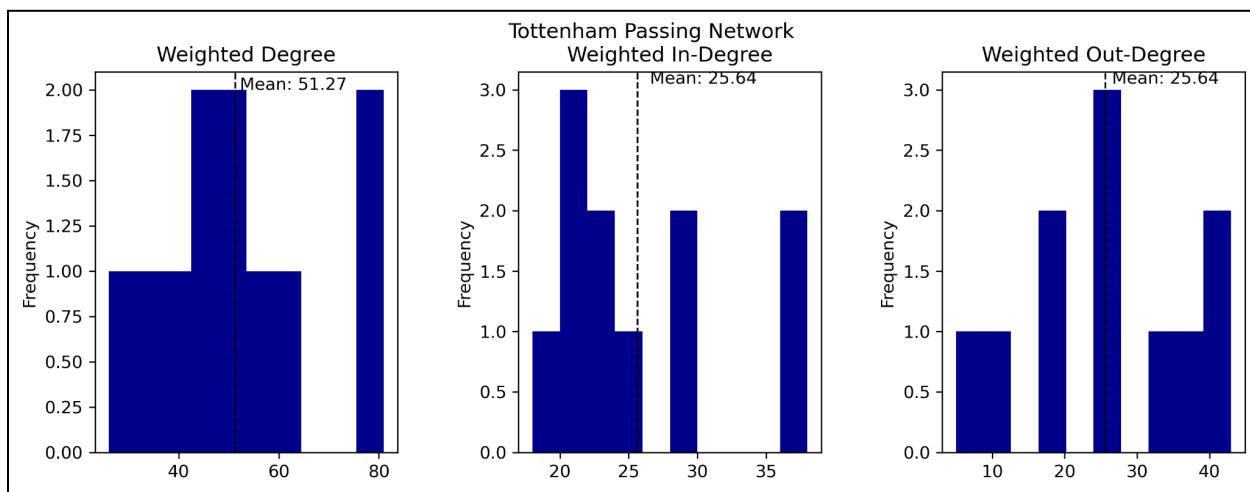
Με τον όρο βαθμό (**Degree**) ενός κόμβου στην ανάλυση κοινωνικών δικτύων ορίζουμε τον αριθμό των συνδέσεων του συγκεκριμένου κόμβου με άλλους κόμβους στο δίκτυο. Στην

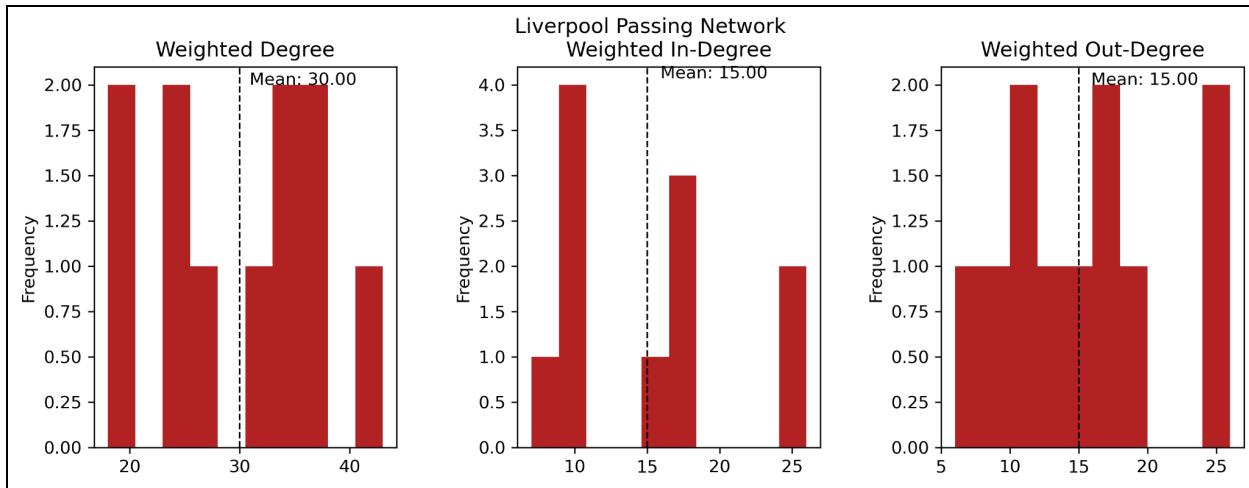
περίπτωση του κατευθυνόμενου δικτύου, μετράμε και τις εισερχόμενες αλλά και τις εξερχόμενες συνδέσεις. Επειδή ο γράφος του δικτύου και για τις δύο ομάδες είναι σταθμισμένος με βάρος τον αριθμό των πασών ανάμεσα σε δύο παίκτες, για τον υπολογισμό του degree χρησιμοποιούμε το Statistic από το Gephi “Avg. Weighted Degree”. Ένας παίκτης με χαμηλό degree στην περίπτωση μας δεν συμμετέχει ενεργά στο passing game της ομάδας του, σε αντίθεση με κάποιον με υψηλό degree που αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα της ανάπτυξης της ομάδας. Στα πλαίσια του σταθμισμένου κατευθυνόμενου γράφου προκύπτουν επίσης οι μετρικές Weighted In-Degree και Weighted Out-Degree.

Weighted In-Degree: Εκφράζει τον σταθμισμένο, με βάση τα βάρη στις ακμές, αριθμό των εισερχόμενων συνδέσεων για έναν κόμβο σε ένα δίκτυο. Στο passing network στην περίπτωση μας εκφράζει τον αριθμό των πασών που έχει δεχτεί συνολικά από τους συμπαίκτες του.

Weighted Out-Degree: Εκφράζει τον σταθμισμένο, με βάση τα βάρη στις ακμές, αριθμό των εξερχομένων συνδέσεων για έναν κόμβο σε ένα δίκτυο. Στο passing network στην περίπτωση μας εκφράζει τον αριθμό των πασών που πραγματοποιεί ο παίκτης με στόχο συμπαίκτες του.

Παρακάτω απεικονίζονται οι κατανομές των μετρικών Weighted Degree, Weighted In-Degree, Weighted Out-Degree και για τις δύο ομάδες.





Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα μπορούμε να επιβεβαιώσουμε και τα στατιστικά της UEFA που παραθέτονται στην αρχή της ανάλυσης σχετικά με την πολύ μεγάλη διαφορά ανάμεσα στον αριθμό των πασών μεταξύ των δύο ομάδων. Οι ποδοσφαιριστές της Tottenham κατά μέσο όρο δέχτηκαν και πραγματοποίησαν στο πρώτο ημίχρονο του αγώνα 51.27 πάσες ενώ αντίστοιχα οι παίκτες της Liverpool μόλις 30. Σχετικά με το Degree metric, η μεγαλύτερη τιμή για παίκτη της τυπικά γηπεδούχου ομάδας ήταν 81 ενώ η ελάχιστη 26. Οι αντίστοιχες τιμές για την τυπικά φιλοξενούμενη ομάδα ήταν 43 και 18.

Παρατηρούμε επίσης πως οι τιμές mean in-degree και mean out-degree είναι ίδιες και στα δύο δίκτυα ομάδων. Αυτό ερμηνεύεται ως εξής: ένας παίκτης κατά μέσο όρο μεταβιβάζει την μπάλα όσες φορές την δέχεται. Όπως θα δούμε και παρακάτω, η σχέση weighted In-Degree = weighted Out-Degree δεν ισχύει για τους περισσότερους παίκτες καθώς η έκβαση μιας φάση δεν είναι πάντα η αναμενόμενη. Για παράδειγμα, ένας παίκτης που έχει δεχτεί πάσα, δεν είναι αναγκαίο να πραγματοποιεί και μια στην συνέχεια καθώς μπορεί να του την κλέψει κάποιος αντίπαλος, να κάνει κάποια λανθασμένη μεταβίβαση ή κάποια ατομική ενέργεια (weighted In-Degree > weighted Out-Degree (*Weighted In Degree > Weighted Out Degree*)). Αντιστρόφως, ένας παίκτης αντί για να δεχθεί πάσα, μπορεί να δημιουργήσει προϋποθέσεις για κάποιο κλέψιμο από τον αντίπαλο και στην συνέχεια να πασάρει (*Weighted In Degree < Weighted Out Degree*)).

Centrality Measures

Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι η ανάδειξη των σημαντικότερων παικτών των δύο ομάδων με την χρήση διάφορών μετρικών κεντρικότητας που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση κοινωνικών δικτύων. Οι συγκεκριμένες μετρικές που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι Degree, Betweenness, Closeness και Eigen Centrality.

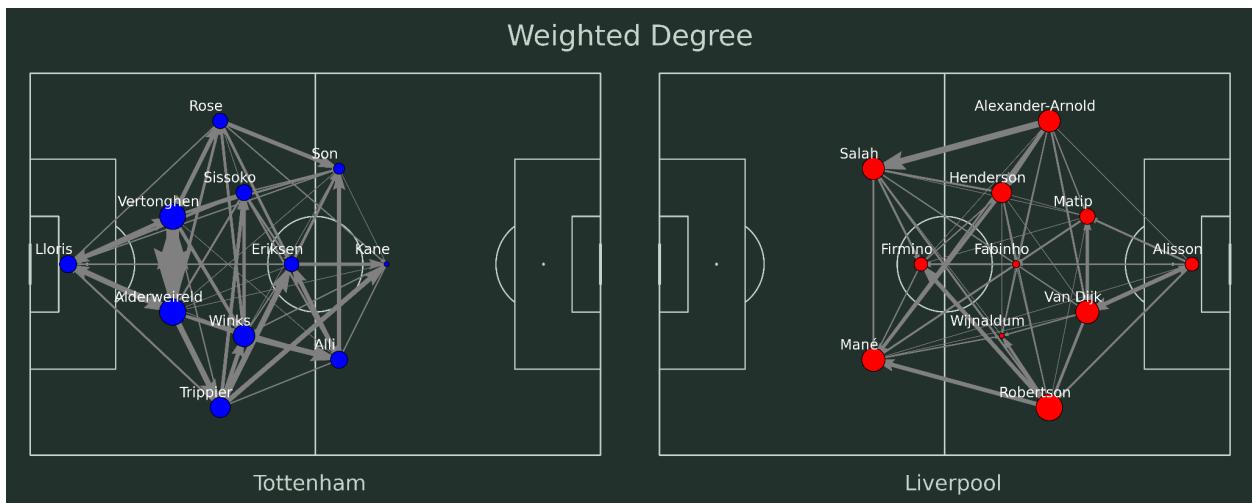
Στα παρακάτω διαγράμματα, απεικονίζονται τα δίκτυα και των δύο ομάδων και το μέγεθος του κάθε κόμβου είναι ανάλογο της μετρικής που μελετάται κάθε φορά για τον αντίστοιχο

ποδοσφαιριστή. Για παράδειγμα, στο διάγραμμα του degree centrality, η μεγαλύτερη τιμή της μετρικής αντιστοιχεί και στον μεγαλύτερο σε μέγεθος κόμβο και το αντίστροφο.

1. Degree Centrality

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, με τον όρο βαθμό (Degree) ενός κόμβου στην ανάλυση κοινωνικών δικτύων ορίζουμε τον αριθμό των συνδέσεων του συγκεκριμένου κόμβου με άλλους κόμβους στο δίκτυο. Καθώς το δίκτυο μας είναι σταθμισμένο, θα χρησιμοποιήσουμε την μετρική Weighted Degree για να λάβουμε υπόψιν μας και τα βάρη των ακμών. Στην περίπτωση μας, ο δείκτης Weighted Degree ερμηνεύεται ως ο συνολικός αριθμός των πασών που ο παίκτης δέχεται και πραγματοποιεί.

a. Weighted Degree

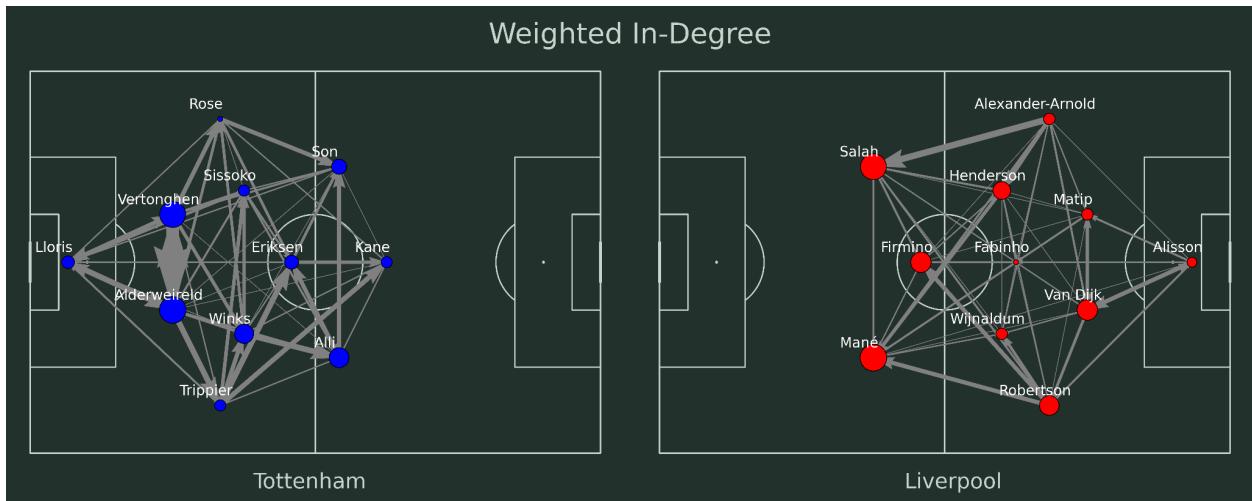


Οι παίκτες της Tottenham οι οποίοι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές στα πλαίσια του δείκτη Weighted Degree είναι ο Alderweireld [81], Vertonghen [78] και Wins [62]. Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα οι συγκεκριμένοι παίκτες παίζουν κυρίως στον άξονα είτε στην αμυντική είτε στην κεντρική γραμμή. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε πως το μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας της ομάδας πραγματοποιείται κεντρικά και όχι στις πλευρές καθώς οι παίκτες εκ των οποίων την κατοχή η μπάλα περνάει πολύ συχνά τοποθετούνται εκεί. Κατ' επέκταση, μας δίνεται και ένα στοιχείο για τον τρόπο που επιλέγει η Tottenham να αναπτύσσεται και να πραγματοποιεί τις επιθέσεις της.

Από την άλλη μερία και σχετικά με την ομάδα της Liverpool, το παραπάνω μοτίβο δεν παρατηρείται τόσο έντονα. Οι παίκτες της με τις μεγαλύτερες τιμές στα πλαίσια του δείκτη Weighted Degree είναι ο Robertson [43], Van Dijk [37], Mane [37], Alexander- Arnold [35] και

Henderson [34]. Το πρώτο πράγμα που παρατηρούμε είναι πως οι μέγιστες τιμές για τις δύο ομάδες απέχουν σημαντικά κάτι που επιβεβαιώνει ξανά τα χαμηλά ποσοστά κατοχής της Liverpool. Επιπλέον, οι παίκτες που αναφέρονται ως αυτοί με το μεγαλύτερο Weighted Degree, δηλαδή την μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με την μπάλα είναι παίκτες που εντάσσονται στην αμυντική αλλά και επιθετική γραμμή της ομάδας και δραστηριοποιούνται τόσο στον άξονα όσο και στα πλάγια. Σχετικά με το μοτίβο ανάπτυξης της ομάδας μπορούμε έως τώρα να συμπεράνουμε πως επιλέγει τον άξονα αλλά και τις πλευρές.

b. Weighted In-Degree

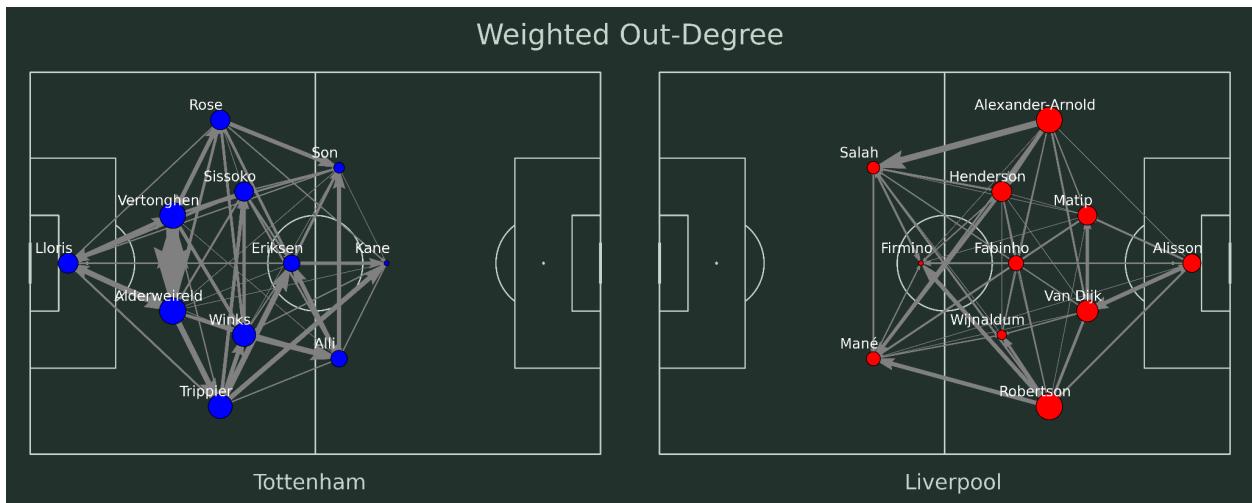


Ο δείκτης Weighted In-Degree μετράει τον αριθμό των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων ενός κόμβου με τους υπόλοιπους του δικτύου. Ένας υψηλός τέτοιος δείκτης στο passing network για κάποιον παίκτη θα σήμαινε πως ο παίκτης αυτός είναι πολύ συχνός αποδέκτης της μπάλας και οι συμπαίκτες του συχνά επιδιώκουν να τον τροφοδοτήσουν. Από την μερία της τυπικά γηπεδούχου Tottenham, οι συχνότεροι αποδέκτες της μπάλας είναι ο Alderweireld [38], Vertongen [37], Alli [29] και Winks [28]. Οι συγκεκριμένοι παίκτες αγωνίζονται στην μεσαία γραμμή (αμυντικά - επιθετικά). Το γεγονός πως οι 2 κεντρικοί αμυντικοί Alderweireld και Vertongen δέχονται με διαφορά 10 μονάδων από τον αμέσως επόμενο στην κατάταξη τις περισσότερες πάσεις παραπέμπει σε μία αρκετά αμυντική κυκλοφορία της μπάλας στην αμυντική γραμμή χωρίς την δημιουργία απειλής για την αντίπαλη ομάδα. Παρόλαυτα, η ομάδα της Tottenham κατάφερε να έχει περισσότερες προσπάθειες για γκολ (16) από την αντίπαλο της (14). Με βάση όμως τα στατιστικά της UEFA για το πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης που αναλύεται και εδώ, οι προσπάθειες για γκολ της Tottenham ήταν μόλις 2 σε αντίθεση με τις 8 της Liverpool. Τελικά, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε πως για το πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης πως η κατοχή της τυπικά γηπεδούχου ήταν κυρίως αμυντική και δεν δημιούργησε συχνά προϋποθέσεις για απειλιτικές επιθέσεις.

Από την άλλη η Liverpool φαίνεται να είναι πιο επιθετική καθώς οι συχνότεροι αποδέκτες της μπάλας είναι παίκτες κυρίως της κεντρικής και επιθετικής γραμμής. Αυτοί είναι ο Mane [26], Salah [25] και Firmino [18]. Η ανάπτυξη της ομάδας φαίνεται πιο λογική και αποτελεσματική με

κύριους αποδέκτες της μπάλας τους επιθετικούς οι οποίοι με την σειρά τους μπορούν να απειλήσουν περισσότερο την αντίπαλη άμυνα. Με εξαίρεση τον Henderson, οι παίκτες της κεντρικής γραμμής της Liverpool δεν φαίνεται να δέχονται συχνά πάσες σε αντίθεση με παίκτες των άκρων όπως ο Robertson τον οποίο φαίνεται πως οι συμπαίκτες του εμπιστεύονται. Η προτίμηση αυτή στα άκρα φανερώνει τον τρόπο ανάπτυξης αλλά και την στρατηγική σχεδίαση του προπονητή που φαίνεται πως έχει αναθέσει πιο αμυντικό ρόλο στους παίκτες του άξονα. Παρά το γεγονός πως η Liverpool προηγείται στο σκορ μόλις από το δεύτερο λεπτό, βλέπουμε πως συνεχίζει το επιθετικό παιχνίδι και την ανάπτυξη της με σκοπό να διευρύνει το προβάδισμα της σε αντίθεση με την Tottenham που εμφανίζεται να παίζει ένα αμυντικό παιχνίδι.

c. Weighted Out-Degree



Ο δείκτης Weighted In-Degree μετράει τον αριθμό των εξερχομένων αλληλεπιδράσεων ενός κόμβου με τους υπόλοιπους του δικτύου. Ένας υψηλός τέτοιος δείκτης στο passing network για κάποιον παίκτη θα σήμαινε πως ο παίκτης αυτός πραγματοποιεί μεγάλο αριθμό πασών και κατ' επέκταση αποτελεί σημαντική μονάδα για την ανάπτυξη της ομάδας. Για την ομάδα της Tottenham, ο πιο συχνός πασέρ είναι οι Alderweireld [43], Vertongen [41] και Winks [34]. Οι συγκεκριμένοι παίκτες ταυτίζονται με αυτούς που διακρίθηκαν για το weighted In-Degree που επιβεβαιώνει την προηγούμενη μας υπόθεση πως η κυκλοφορία της μπάλας είναι κυρίως εγκλωβισμένη στην κεντρική και αμυντική γραμμή.

Σχετικά με την Liverpool, οι περισσότερες μεταβιβάσεις έγιναν από τους Robertson [26], Alexander-Arnold [25], Van Dijk [19] και Henderson [17]. Οι παίκτες αυτοί είναι κυρίως αμυντικοί και κεντρώοι. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες διαπιστώσεις για το Weighted In-Degree, παρατηρούμε πως οι συχνότεροι αποδέκτες είναι επιθετικοί ενώ οι συχνότεροι πασέρ αμυντικοί και κεντρικοί. Για άλλη μία φορά, το άρτια οργανωμένο επιθετικό μοντέλο ανάπτυξης της Liverpool επιβεβαιώνεται με τους αμυντικούς να προσπαθούν να τροφοδοτήσουν την

επιθετική γραμμή. Παίκτες όπως ο Salah και ο Mane έχουν χαμηλό out-degree καθώς αφού τροφοδοτηθούν προσπαθούν να απειλήσουν την αντίπαλη εστία με κάποια ενέργεια.

Καθώς το αναμενόμενο είναι οι παίκτες να εμφανίζουν παρόμοιες τιμές για τον Weighted In Out Degree (ένας παίκτης για να πασάρει πρέπει πρώτα να δεχθεί την μπάλα), ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη της απόκλισης που παρουσιάζουν οι μετρικές weighted in και out degree ανά παίκτη καθώς φανερώνουν συμπεριφορές πέραν των μεταβιβάσεων.

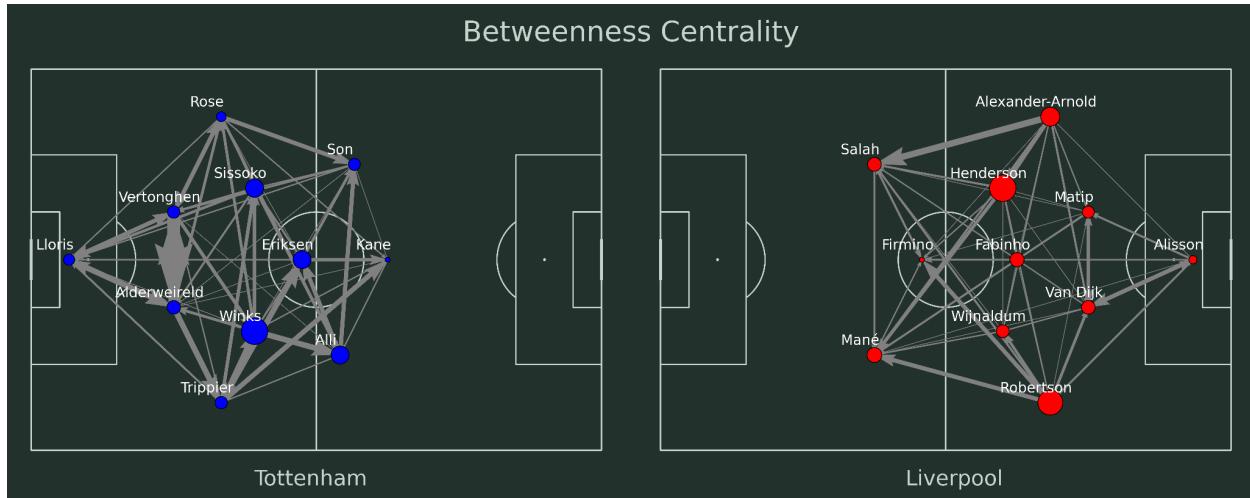
Player	Team	Weighted In-Degree	Weighted Out-Degree
Kane	Tottenham	21	5
Trippier	Tottenham	21	36
Son	Tottenham	24	10
Mane	Liverpool	26	11
Salah	Liverpool	25	10
Alexander-Arnold	Liverpool	10	25

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για τους παίκτες οι οποίοι δέχτηκαν πολλές πάσες αλλά δεν πραγματοποίησαν πολλές μπορούμε να πούμε πως είτε έχασαν την μπάλα είτε αποπειράθηκαν κάποια τελική ενέργεια (weighted In-Degree > weighted Out-Degree). Τέτοιοι παίκτες ήταν ο Kane και Son για την Tottenham ενώ για την Liverpool οι Mane και Salah. Οι ισχυρισμοί επιβεβαιώνονται καθώς και οι 4 αυτοί παίκτες είναι οι κύριοι επιθετικοί των ομάδων.

Συνεχίζοντας, παίκτες οι οποίοι δεν δέχθηκαν πολλές πάσες αλλά από την άλλη πραγματοποίησαν πολλές μεταβιβάσεις σημαίνει πως δημιούργησαν από μόνοι τους κατοχές με αποτελεσματικές αμυντικές προσπάθειες. Από την Tottenham διακρίνεται ο Trippier ενώ για την Liverpool ο Alexander-Arnold. Η συμβολή των δύο αυτών παικτών στα πλαίσια της δημιουργίας φάσεων και κατοχής από κλεψίματα και αμυντικές ενέργειες είναι αθόρυβη αλλά αποδεικνύεται από την μελέτη του δικτύου μεταβιβάσεων.

2. Betweenness Centrality

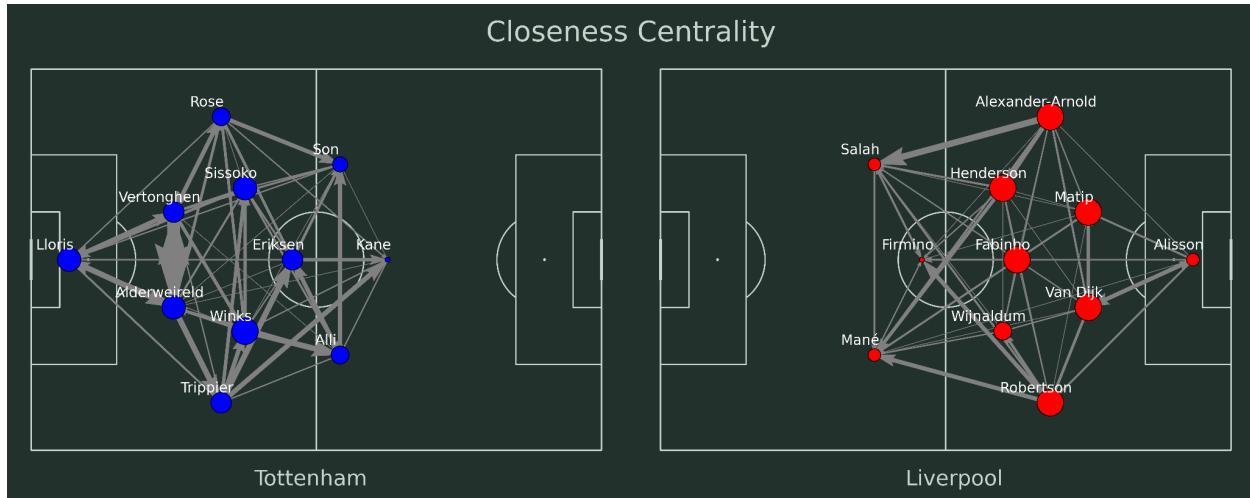
Η μετρική **betweenness centrality** εκφράζει το μέγεθος της κεντρικότητας ενός κόμβου σε ένα δίκτυο, με βάση τον αριθμό των συντομότερων μονοπατιών που διέρχονται από τον κόμβο. Είναι ένα μέτρο του πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος όσον αφορά τη σύνδεση άλλων κόμβων στο δίκτυο. Ένας κόμβος με υψηλό centrality στην περίπτωση μας θεωρείται συχνά «γέφυρα» μεταξύ άλλων κόμβων και κατά συνέπεια πιθανώς «γέφυρα» μεταξύ της αμυντικής και επιθετικής γραμμής.



Από την πλευρά της Tottenham, τις μεγαλύτερες τιμές στον δείκτη betweenness centrality λαμβάνουν οι παίκτες Winks [6.3], Sissoko [3.1], Eriksen [3.1]. Τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα καθώς οι παίκτες αυτοί αγωνίζονται στην κεντρική γραμμή της ομάδας και είναι επιφορτισμένοι με το έργο της μεταφοράς της μπάλας από την αμυντική στην επιθετική γραμμή. Από την άλλη μερία το δίκτυο της Liverpool, αναδεικνύει τους ποδοσφαιριστές Henderson [8.6], Robertson [7.5] και Alexander-Arnold [4.5]. Ο πρώτος και ο τρίτος αγωνίζονται στις θέσεις αριστερό και δεξί μπακ ενώ ο Robertson προωθημένος κεντρικός προς την δεξιά πλευρά. Καταλήγουμε λοιπόν στο ότι οι παίκτες με την μεγαλύτερη “κεντρικότητα” στην 11άδα της Liverpool δέν είναι παίκτες του άξονα αλλά των πλευρών και μάλιστα οι δύο από αυτούς αμυντικοί. Η μεταφορά λοιπόν της μπάλας από την αμυντική γραμμή προς την επιθετική γίνεται κυρίως με την προώθηση των πλάγιων αμυντικών μπακ σε συνεργασία με τους Henderson και Wijnaldum και όχι αποκλειστικά από τον άξονα. Η διαπίστωση αυτή μας ωθεί επίσης στο συμπέρασμα πως η ομάδα επιλέγει την εκδήλωση των επιθέσεων και την ανάπτυξη της κατά κύριο λόγο από τις πλευρές. Η αντίστοιχη διαπίστωση από την μεριά της Tottenham μας παραπέμπει σε εκδήλωση των επιθέσεων από τον άξονα.

3. Closeness Centrality

Το Closeness centrality είναι ένα μέτρο της κεντρικότητας ενός κόμβου σε ένα δίκτυο. Βασίζεται στη μέση απόσταση ενός κόμβου από όλους τους άλλους και με απλά λόγια, μετρά πόσο «κοντά» είναι σε αυτούς. Ένας κόμβος με υψηλό Closeness Centrality είναι σε θέση να προσεγγίσει γρήγορα όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου καθώς έχει πολύ μικρή απόσταση από αυτούς. Στα πλαίσια του passing network, ένας ποδοσφαιριστής με χαμηλό δείκτη Closeness σημαίνει πως βρίσκεται μονίμως τοποθετημένος σωστά στο γήπεδο, κοντά στην διεξαγωγή των φάσεων και κοντά στους υπόλοιπους συμπαίκτες του παρέχοντας συχνά “στήριγμα”.



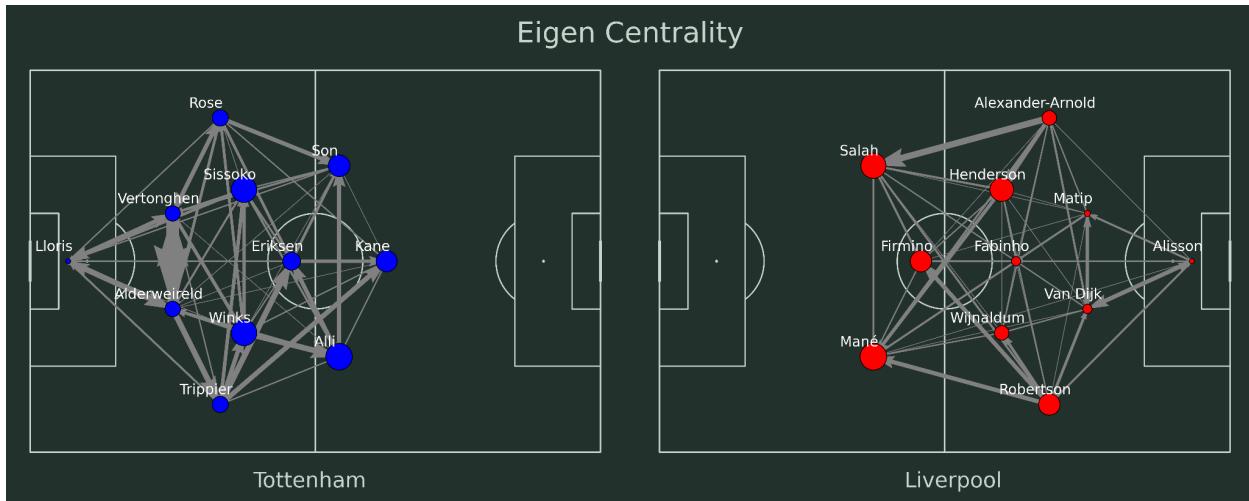
Στα πλαίσια της συγκεκριμένης ανάλυσης και σε αντίθεση με τις παραπάνω, οι παίκτες που διακρίνονται είναι αυτοί των οποίων το μέγεθος του κόμβου που τους αναπαριστά είναι το μικρότερο. Αυτό συμβαίνει γιατί σύμφωνα με τον ορισμό της μετρικής, επιδίωξη της κάθε ομάδας είναι οι παίκτες της να έχουν μικρή απόσταση από τους υπόλοιπους συμπαίκτες τους, να βρίσκονται δηλαδή κοντά στο κέντρο της κυκλοφορίας της μπάλας για να μπορούν να είναι άμεσα διαθέσιμοι στους συμπαίκτες τους. Στόχος λοιπόν κάθε παίκτη είναι να έχει μικρό δείκτη Closeness.

Μελετώντας την αναπαράσταση μπορούμε να συμπεράνουμε πως ο παίκτης που βρίσκεται πιο κοντά στους υπόλοιπους είναι και για τις δύο ομάδες ο κεντρικός επιθετικός. Αρχικά η διαπίστωση αυτή προκαλεί προβληματισμό καθώς λόγω των θέσεων των δύο αυτών παικτών θα περιμέναμε να είναι σχετικά απομακρυσμένοι από την κυκλοφορία. Αν όμως αναλογιστούμε την λειτουργία και τον τρόπο παιχνιδιού ενός κεντρικού επιθετικού μπορούμε να εξηγήσουμε καλύτερα το συμπέρασμα αυτό. Η συγκεκριμένη αυτή θέση απαιτεί από τον ποδοσφαιριστή πολλές φορές να αγωνίζεται με “πλάτη” στην αντίπαλη εστία και να συνεισφέρει στο κυκλοφορία του κέντρου. Αποκτά έτσι άμεσες σχέσεις με την κεντρική γραμμή μειώνοντας την “απόσταση” του από αυτήν. Συνολικά ο κεντρικός επιθετικός και των δύο ομάδων βρίσκεται πολύ κοντά στην επιθετική αλλά και την κεντρική γραμμή και για τον λόγο αυτό ο δείκτης Closeness του είναι τόσο μικρός.

Σε σύγκριση τώρα με τον δείκτη betweenness, ο κεντρικός επιθετικός δεν φαίνεται να αναδεικνύεται σε καμία από τις δύο ομάδες. Αυτό ερμηνεύεται ως εξής: Παρά την μικρή απόσταση που έχει από τους περισσότερους συμπαίκτες του δεν έχει την οργανωτική ικανότητα και το δημιουργικό μυαλό να πραγματοποιήσει έξυπνες μεταβιβάσεις ανάμεσα στο κέντρο και την επίθεση και επιπλέον δεν είναι και αυτός ο ρόλος του στην στρατηγική σχεδίαση της ομάδας. Τον ρόλο αυτό έχουν ο Winks για την Tottenham και ο Eriksen για την Liverpool.

4. Eigenvector Centrality

Η κεντρικότητα Eigenvector είναι και αυτή ένα μέτρο της σημαντικότητας ενός κόμβου σε ένα δίκτυο που βασίζεται στην ιδέα ότι η σημασία ενός κόμβου σχετίζεται με τη σημασία των κόμβων με τους οποίους είναι συνδεδεμένος. Έτσι, ένας κόμβος που συνδέεται με πολλούς σημαντικούς κόμβους θα θεωρείται πιο σημαντικός σε σχέση με έναν που συνδέεται μόνο με λιγότερο σημαντικούς κόμβους. Στην ανάλυση μας, η μετρική αυτή θα μας αναδείξει τους ποδοσφαιριστές οι οποίοι έχουν τον σημαντικότερο ρόλο στην δημιουργία της ομάδας.

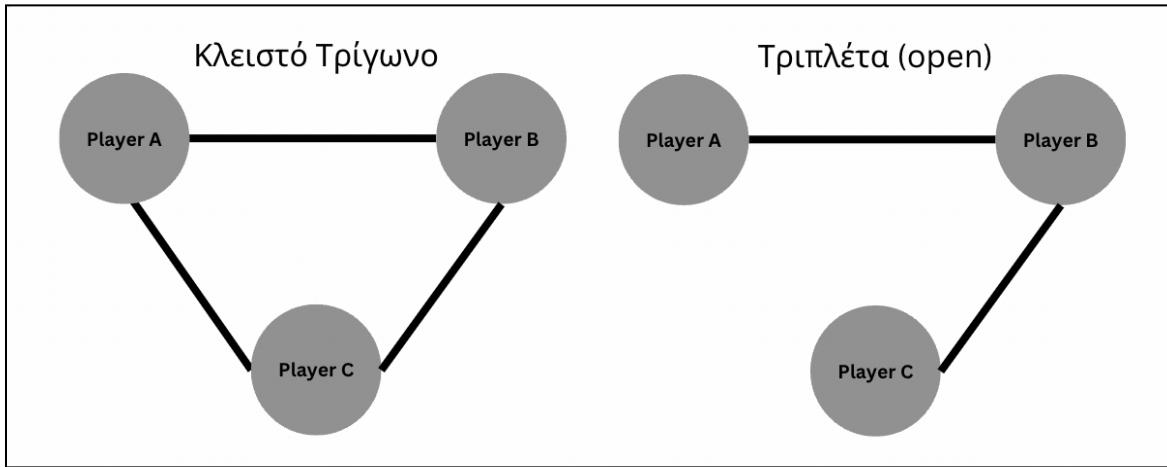


Για την Tottenham, σημαντικότεροι παίκτες αναδικνύονται ο Alli [1.0], Sissoko [0.97] και Winks [0.97]. Και οι τρεις είναι μεσοεπιθετικοί και ο λόγος που αναδικνύονται είναι ο ρόλος που επιτελούν στην ανάπτυξη της ομάδας η οποία όπως έχουμε συμπεράνει και παραπάνω γίνεται από τον άξονα. Αξιολογούνται ως οι πιο αξιόπιστοι και πιθανότερο να επιτύχουν κάποιο τέρμα. Σχετικά τώρα με την αντίπαλο Liverpool, οι σημαντικότεροι παίκτες φαίνεται πως είναι οι Mane [1.0], Salah [0.97] και Henderson [0.87] οι πρώτοι δύο ως ακραίοι επιθετικοί και ο Henderson ως πρωθημένος κεντρικός. Σε αντίθεση με την Tottenham, το eigenvector αναδεικνύει σημαντικότερους παίκτες των πλευρών. Σε γενικότερο πλαίσιο, είναι αναμενόμενο σημαντικότεροι παίκτες να προκύπτουν οι επιθετικοί καθώς λόγω της ικανότητας τους στο σκοράρισμα, είναι πάντοτε ο τελικός στόχος σχεδόν κάθε επίθεσης.

Clustering Effects

Στα πλαίσια του συγκεκριμένου κεφαλαίου, σκοπός είναι η ανάλυση της τάσης των κόμβων και των δύο δικτύων να δημιουργούν συστάδες - υποομάδες ή το κατά πόσο λειτουργούν περισσότερο σαν ένα ενιαίο σύνολο. Για την ανάλυση αυτή θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης (global) clustering coefficient. Ο δείκτης εκφράζει τον βαθμό κατά τον οποίο οι κόμβοι σε ένα δίκτυο τείνουν να δημιουργούν συστάδες. Υπολογίζεται ως ο αριθμός των κλειστών τριπλετών

(τριγώνων - δηλαδή ομάδων τριών κόμβων όπου κάθε κόμβος συνδέεται με τους άλλους δύο) διαιρεμένος με τον συνολικό αριθμό τριπλετών (δηλαδή, ομάδες τριών κόμβων) στο δίκτυο.



Ένας υψηλός συντελεστής global clustering coefficient υποδηλώνει ότι υπάρχει υψηλός βαθμός ομαδοποίησης στο δίκτυο, ενώ ένας χαμηλός συντελεστής δείχνει ότι οι κόμβοι δεν είναι ισχυρά ομαδοποιημένοι μεταξύ τους.

Στα πλαίσια του passing network, ο παραπάνω δείκτης ερμηνεύεται ώς το κατά πόσο οι παίκτες της ομάδας επικοινωνούν - αλληλεπιδρούν με τους συμπαίκτες τους στα πλαίσια υποομάδων ή δρουν σαν μια ενιαία ενδεκάδα. Βασιζόμενοι στα χαρακτηριστικά του σύγχρονου επαγγελματικού ποδοσφαίρου όπου οι παίκτες ομαδοποιούνται σε θέσεις όπως επιθετικοί, χαφ και αμυντικοί, και αυτές οι θέσεις είναι υπεύθυνες για διαφορετικούς ρόλους και σκοπούς στο γήπεδο, η αναμενόμενη τιμή για το global clustering coefficient είναι υψηλή. Αυτό επίσης συμβαίνει επειδή στο ποδόσφαιρο, οι παίκτες κατά κύριο λόγο τείνουν να πασάρουν την μπάλα σε συμπαίκτες που βρίσκονται κοντά τους στο γήπεδο (ασφάλεια μεταβιβάσεων). Αυτό δημιουργεί ομάδες παικτών που συνδέονται μεταξύ τους μέσω μεταβιβάσεων, με αποτέλεσμα έναν σχετικά υψηλό αριθμό κλειστών τριπλετών παικτών σε σύγκριση με τον συνολικό αριθμό τριπλετών στο δίκτυο.

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης global clustering coefficient για τις δύο ομάδες φαίνεται στον παρακάτω πίνακα όπως και η αντίστοιχη κατανομή για κάθε παίκτη:

Global Clustering Coefficient	
Tottenham	Liverpool
0.87	0.66

Όπως ήταν αναμενόμενο, ο δείκτης και για τις δύο ομάδες είναι υψηλός επιβεβαιώνοντας την διάκριση των παικτών σε υποομάδες (π.χ. αμυντικοί, κεντρικοί και επιθετικοί). Όμως, μεταξύ των δύο ομάδων παρατηρείται διαφοροποίηση στον δείκτη τους με την ενδεκάδα της Tottenham να

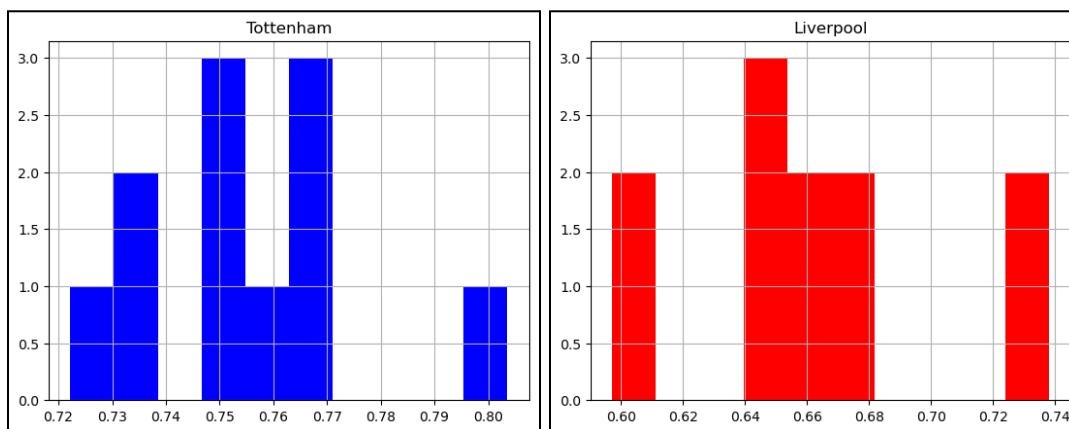
παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη τιμή στον δείκτη σε σχέση με αυτόν της Liverpool. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να μας οδηγήσει και στην παρακάτω διαπίστωση: οι παίκτες της Tottenham τείνουν να οργανώνονται σε υποομάδες και να λειτουργούν και να συνεργάζονται μεταξύ τους (μεταβιβάσεις στους κοντινούς συμπαίκτες) σε αντίθεση με αυτούς της αντίπαλης ομάδας που φαίνεται να δρουν σε τμήματα αλλά και σαν ένα πιο ενιαίο σύνολο (πάσες στους κοντινούς συμπαίκτες αλλά και “μεγάλες” μεταβιβάσεις). Από την μία εντοπίζεται η οργανωμένη προσέγγιση ενώ από την άλλη η πιο “ελεύθερη” ανάπτυξη και συνεργασία. Και οι δύο προσεγγίσεις έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους. Όσον αφορά την Tottenham, το οργανωμένο παιχνίδι της δίνει ασφάλεια όμως πολλές φορές είναι προβλέψιμο και εύκολα αντιμετωπίσιμο από τον αντίπαλο. Από την πλευρά της Liverpool, η πιο αφηρημένη προσέγγιση μπορεί να αιφνιδιάσει τον αντίπαλο αλλά συχνά συνοδεύεται και από σημαντικό κίνδυνο. Εκ του αποτελέσματος η προσέγγιση της Liverpool κρίνεται αποτελεσματική.

Ο δείκτης clustering coefficient ενός κόμβου σε ένα δίκτυο είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίο οι γείτονες του κόμβου (άλλοι κόμβοι με τους οποίους συνδέεται άμεσα) συνδέονται μεταξύ τους. Υπολογίζεται ως ο λόγος του αριθμού των τριγώνων που περιλαμβάνουν τον κόμβο προς τον αριθμό των πιθανών τριγώνων που θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν τον κόμβο.

Η τιμή 1 για το clustering coefficient ανά κόμβο υποδεικνύει ότι όλοι οι γείτονες του κόμβου συνδέονται μεταξύ τους και επομένως, ο κόμβος εμπλέκεται στον μέγιστο δυνατό αριθμό τριγώνων. Αυτό υποδηλώνει ότι ο κόμβος βρίσκεται σε μια πυκνά διασυνδεδεμένη γειτονιά και είναι πιθανό ότι υπάρχουν πολλά τρίγωνα που περιλαμβάνουν αυτόν τον κόμβο.

Αντιθέτως, η τιμή 0 υποδεικνύει ότι κανένας από τους γείτονες του κόμβου δεν είναι συνδεδεμένος και επομένως, ο κόμβος δεν εμπλέκεται σε κανένα τρίγωνο. Αυτό υποδηλώνει ότι ο κόμβος βρίσκεται σε μια αραιά διασυνδεδεμένη γειτονιά και είναι πιθανό ότι υπάρχουν λίγα ή καθόλου τρίγωνα που περιλαμβάνουν αυτόν τον κόμβο.

Παρακάτω φαίνονται και οι κατανομές του clustering coefficient ανά κόμβο για τους παίκτες και των δύο ομάδων:

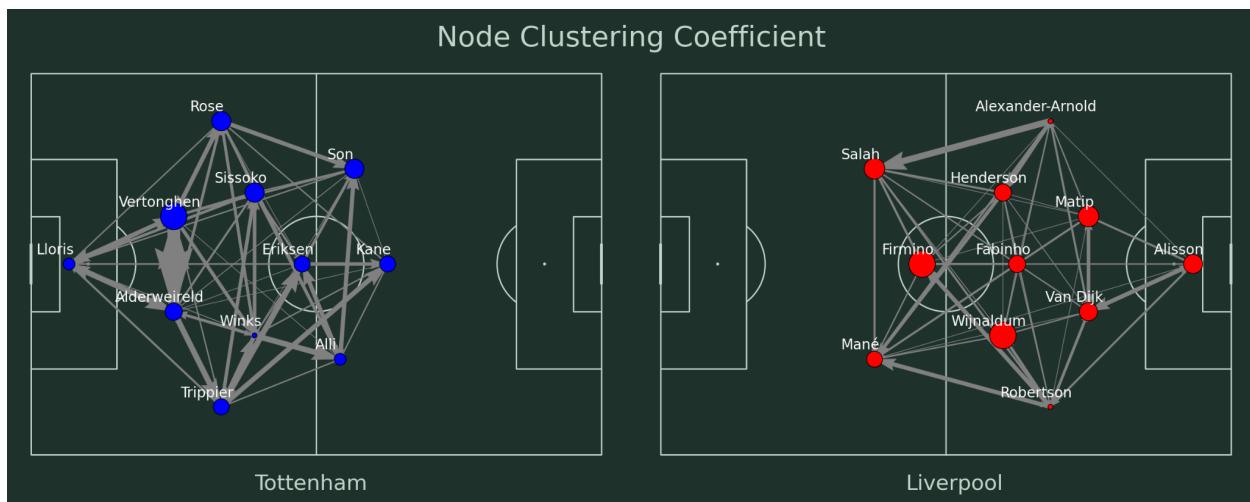


Φαίνεται πως οι παίκτες της Tottenham κατά μέσο όρο έχουν μεγαλύτερο δείκτη clustering coefficient κάτι που αποδικνύει πως βρίσκονται σε ισχυρά συνδεδεμένες γειτονιές σε αντίθεση με αυτούς της Liverpool όπου στον συγκεκριμένο δείκτη παρουσιάζουν μικρότερες τιμές.

Σημείωση: Η μετρική global clustering coefficient **δεν** υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των επιμέρους clustering coefficient ανά κόμβο αλλά ως ο αριθμός των κλειστών τριπλέτων (δηλαδή, ομάδων τριών κόμβων όπου κάθε κόμβος συνδέεται με τους άλλους δύο) διαιρεμένος με τον συνολικό αριθμό τριπλέτων (δηλαδή, ομάδες τριών κόμβων) στο δίκτυο. Αυτή η τιμή στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με το τρία για να διορθωθεί το γεγονός ότι κάθε προσμετράται τρεις φορές.

Τρίγωνα

Για την διερεύνηση τώρα των τριγώνων που δημιουργούνται και κατ' επέκταση τους κόμβους που εμπλέκονται στα περισσότερα θα χρησιμοποιήσουμε την μετρική Clustering Coefficient ανά κόμβο που όπως εξηγήθηκε παραπάνω μπορεί να μας υποδείξει τους κόμβους αυτούς. Σε ένα δίκτυο μεταβιβάσεων για μια ποδοσφαιρική ομάδα, ένας παίκτης που εμπλέκεται σε πολλά τρίγωνα μπορεί να υποδηλώνει ότι αποτελεί βασικό κομμάτι των στρατηγικών και των παιχνιδιών της ομάδας όσον αφορά την ανάπτυξη της. Η συμμετοχή σε πολλά τρίγωνα σημαίνει ότι ο παίκτης συχνά πασάρει την μπάλα σε άλλους παίκτες που είναι ήδη συνδεδεμένοι μεταξύ τους ξεκινώντας έτσι μια επιθετική ενέργεια. Επιπλέον, ένας παίκτης που εμπλέκεται σε πολλά τρίγωνα είναι πιθανό να έχει υψηλό βαθμό ελέγχου της μπάλας και ακρίβειας πάσας, που είναι σημαντικές δεξιότητες για έναν ποδοσφαιριστή αφού φαίνεται πως συνεργάζεται συχνά με πολλούς διαφορετικούς συμπαίκτες οι οποίοι τον εμπιστεύονται.



Για την ομάδα της Tottenham, ο παίκτης που εμπλέκεται στα περισσότερα τρίγωνα είναι ο κεντρικός αμυντικός Vertonghen. Σύμφωνα με την παραπάνω ερμηνεία των τριγώνων σε ενα passing network και της αξίας τους, ο συγκεκριμένος παίκτης αποτελεί σημαντικό κομμάτι της στρατηγικής ανάπτυξης της ομάδας. Στην περίπτωση μας, μια τέτοια διατίστωση δεν εκλαμβάνεται θετικά καθώς θα περιμέναμε έναν τέτοιο ρόλο να επιτελεί κάποιος πιο πρωθημένος παίκτης και όχι ο κεντρικός αμυντικός. Επιβεβαιώνεται λοιπόν για άλλη μια φορά

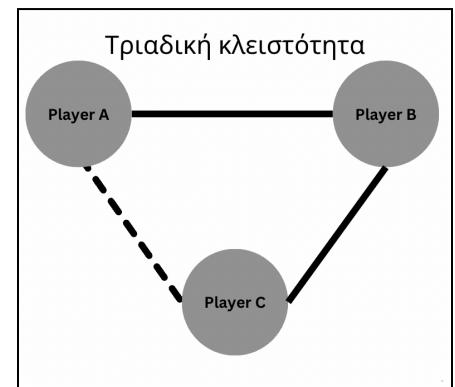
η υπόθεση πως η κατοχή της μπάλας από την Tottenham ήταν εγκλωβισμένη στην αμυντική της γραμμή. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός πως ο Vertonghen αναδεικνύεται και στον δείκτη Weighed In-Degree ως ο παίκτης που δέχεται και πραγματοποιεί τις περισσότερες μεταβιβάσεις. Για την Liverpool, αναδεικνύονται οι Wijnaldum και Firmino. Τα αποτελέσματα εδώ είναι περισσότερο αναμενόμενα αφού και οι δύο παίκτες αγωνίζονται στην κεντρικο-επιθετική γραμμή της ομάδας.

Σημείωση: Ο ακριβής υπολογισμός του αριθμού των τριγώνων δεν ήταν εφικτός καθώς ούτε το λογισμικό Gephi αλλά ούτε και οι σχετικές βιβλιοθήκες networkx και igraph δεν έχουν υλοποιημένο αντίστοιχο αλγόριθμο υπολογισμού σε κατευθυνόμενο γράφο.

Τριαδική Κλειστότητα - Triadic Closure

Η ιδιότητα της τριαδικής κλειστότητας μεταξύ τριών κόμβων A, B και C ορίζει το ότι όταν υπάρχουν οι συνδέσεις A-B και A-C, υπάρχει μια τάση να σχηματιστεί η νέα σύνδεση B-C. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση και την πρόβλεψη της ανάπτυξης των δικτύων.

Ένας προσδιοριστικός παράγοντας της ύπαρξης ή όχι του φαινομένου της τριαδικής κλειστότητας στο δίκτυο μας είναι ο δείκτης global clustering coefficient. Μια υψηλή τιμή του δείκτη και κατ' επέκταση ένας μεγάλος αριθμός τριπλετών και τριγώνων υπονοεί και την ισχυρή ύπαρξη της τριαδικής κλειστότητας σε αντίθεση με μια μικρή τιμή του global clustering coefficient σύμφωνα με την οποία ο αριθμός τριγώνων και τριπλετών είναι μικρός και κατά συνέπεια η ιδιότητα της τριαδικής κλειστότητας πιο αδύναμη.



Στα πλαίσια της ανάλυσης του passing network, η έντονη ύπαρξη της ιδιότητας αυτής είναι θεμιτή στα πλαίσια του ότι διευκολύνεται η εναλλαγή της μπάλας και οι παίκτες έχουν περισσότερες επιλογές για πραγματοποίηση μεταβιβάσεων. Από την άλλη μεριά όμως, η ύπαρξη της σημαίνει πως όλοι και περισσότεροι παίκτες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους κάτι που δεν παραπέμπει στην ύπαρξη πλάνου και οργανωμένου σχεδιασμού των επιθέσεων.

Σκοπός λοιπόν των ομάδων θα πρέπει να είναι να έχουν μετριασμένη την ιδιότητα της τριαδικής κλειστότητας στα δίκτυα μεταβιβάσεων τους έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η έμεση αλληλεπίδραση όλων των παικτών, ο διαχωρισμός τους σε υποομάδες αλλά και η άμεση επαφή των παικτών “κλειδιά” που αναλαμβάνουν την μεταφορά της μπάλας. Από την πλευρά της Tottenham, ο δείκτης clustering coefficient είναι 0.87 ενώ αντίστοιχα για την Liverpool 0.66. Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, η Liverpool φαίνεται πως είναι καλύτερα οργανωμένη και ισοροπεί καλύτερα την ιδιότητα σε σχέση με τον αντίπαλο. Συνολικά και λαμβάνοντας υπόψιν και τις διαπιστώσεις που προέκυψαν από την μελέτη του δείκτη global clustering coefficient και των τριγώνων, η Liverpool στο πρώτο ημίχρονο της αναμέτρησης εφάρμοσε μια αποδοτικότερη

στρατηγική μεταβιβάσεων με μια πιο “αφηρημένη” ανάπτυξη - μερική οργάνωση σε γειτονίες και λιγότερα τρίγωνα από τον αντίπαλο - και κατ’ επέκταση την δυνατότητα του αιφνιδιασμού.

Graph Density

Η πυκνότητα ενός γράφου εκφράζει τον αριθμό των ακμών σε σχέση με τον μέγιστο δυνατό αριθμό αυτών. Χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει το επίπεδο συνδεσιμότητας σε ένα δίκτυο. Η πυκνότητα ενός κατευθυνόμενου γράφου υπολογίζεται διαιρώντας τον πραγματικό αριθμό των ακμών με τον μέγιστο δυνατό αριθμό ακμών, που είναι $n(n - 1)$ όπου n είναι ο αριθμός των κόμβων.

Ένας πυκνός (dense) γράφος (δείκτης πυκνότητας κοντά στο 1) σημαίνει ότι οι περισσότεροι κόμβοι συνδέονται με τους περισσότερους άλλους κόμβους. Σε ένα πυκνό γράφο, υπάρχουν πολλές συνδέσεις και η διαδρομή μεταξύ οποιωνδήποτε δύο κόμβων είναι συνήθως μικρή. Ένα πυκνό passing network σημαίνει πως σχεδόν όλοι οι παίκτες ανταλλάσουν πάσες μεταξύ τους.

Ένας αραιός (sparse) γράφος, από την άλλη πλευρά, έχει αριθμό των ακμών πολύ μικρότερο από τον μέγιστο δυνατό αριθμό ακμών, πράγμα που σημαίνει ότι πολλοί κόμβοι δεν συνδέονται με πολλούς άλλους κόμβους. Σε έναν αραιό γράφο, υπάρχουν σχετικά λίγες συνδέσεις και η διαδρομή μεταξύ οποιωνδήποτε δύο κόμβων είναι συνήθως μεγάλη. Ένα αραιό passing network σημαίνει πως δεν αλληλεπιδρούν όλοι οι ποδοσφαιριστές με μεταβιβάσεις και πιθανώς ο τρόπος ανάπτυξης είναι πιο περιορισμένος.

	Tottenham	Liverpool
Κόμβοι	11	11
Ακμές	84	73
Max Ακμές	110	110
Πυκνότητα	0.76	0.66

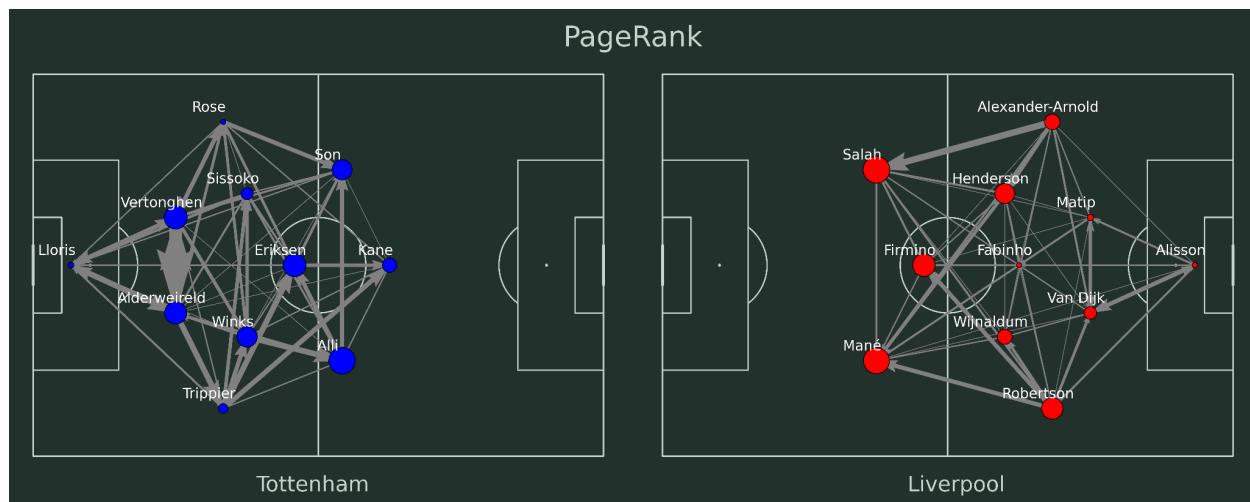
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ομάδα της Tottenham φαίνεται πως έχει ένα πιο συμπαγές passing δίκτυο με 76% πυκνότητα σε αντίθεση με το 66% της Liverpool. Το συμπαγές δίκτυο της παραπέμπει στο ότι η ομάδα αυτή δοκίμασε επιθέσεις και ανάπτυξη με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, συστήματα και αλληλεπιδράσεις παικτών κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς υπολείπεται στο σκορ και το πλάνο της δεν δείχνει να αποδίδει. Προσπάθησε να δημιουργήσει κατοχή με ποικίλους τρόπους επιχειρώντας πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς μεταβιβάσεων κάτι το οποίο της δίνει την δυνατότητα αιφνιδιασμού και ίσως προϋποθέσεις για γκολ. Επιπλέον, η εύκολη αυτή ροή της μπάλας μεταξύ των παικτών της, την βοηθάει σημαντικά και στην αντιμετώπιση καταστάσεων πίεσης που δημιουργεί η αντίπαλη ομάδα καθώς οι διέξοδοι για μεταβιβάσεις είναι αρκετές. Η υψηλή αυτή πυκνότητα μπορεί να υπονοεί πως και οι

τοποθετήσεις των παικτών της ομάδας ήταν πολύ καλές προσφέροντας πάντοτε “στήριγμα” στους συμπαίκτες τους όμως στα πλαίσια του συγκεκριμένου δικτύου δεν μπορεί να διερευνηθεί

Από την μεριά της Liverpool, το δίκτυο μεταβιβάσεων της είναι πιο αραιό. Φαίνεται πως επιλέγει έναν πιο συγκεκριμένο και δομημένο τρόπο ανάπτυξης και κυκλοφορίας της μπάλας με ίσως προκαθορισμένους συνδυασμούς και συνεργασίες. Αυτό δεν είναι απαραίτητα πρόβλημα καθώς η ομάδα επιχειρεί να εφαρμόσει το αρχικό πλάνο και τις “δουλεμένες” μεταβιβάσεις. Μην ξεχνάμε πως προηγείται στο σκορ από το δεύτερο λεπτό της αναμέτρησης και φυσικά στόχος της είναι η διατήρηση ή διεύρυνση του αποτελέσματος οπότε η επιστράτευση περίπλοκων συνδυασμών δεν ήταν απαραίτητη. Από την άλλη όμως, η πιο περιορισμένη ροή της μπάλας ίσως αποτελεί πρόβλημα σε καταστάσεις πίεσης αφού οι διέξοδοι είναι πιο περιορισμένοι.

PageRank

Ο PageRank είναι ένας αλγόριθμος που επινοήθηκε από τους ιδρυτές της Google για την κατάταξη ιστοτόπων στα αποτελέσματα αναζήτησης. Πήρε το όνομά του από τον Λάρι Πέιτζ, έναν από τους συνιδρυτές της Google. Ο αλγόριθμος λειτουργεί ορίζοντας μια βαθμολογία σε κάθε ιστότοπο, με βάση τον αριθμό και την ποιότητα των συνδέσμων που τον δείχνουν. Η ιδέα είναι ότι ένας ιστότοπος που έχει πολλούς συνδέσμους υψηλής ποιότητας να τον δείχνουν είναι πιθανό να είναι πιο πολύτιμος και χρήσιμος από έναν ιστότοπο με λίγους ή χαμηλής ποιότητας συνδέσμους. Στα κοινωνικά δίκτυα, το PageRank μπορεί να εφαρμοστεί για τον εντοπισμό των πιο σημαντικών κόμβων σε ένα δίκτυο με βάση τον αριθμό των συνδέσμων που τον δείχνουν. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των χρηστών ή ομάδων με τη μεγαλύτερη επιρροή σε ένα κοινωνικό δίκτυο και μπορεί να είναι χρήσιμο για την κατανόηση του τρόπου διάδοσης των πληροφοριών ή του τρόπου με τον οποίο υιοθετούνται ιδέες σε ένα δίκτυο. Σε ενα passing network, οι παίκτες με το υψηλότερο pagerank είναι αυτοί που είναι ο πιο συχνός αποδέκτης και στόχος των μεταβιβάσεων από τους αντίστοιχα πιο σημαντικούς συμπαίκτες τους.

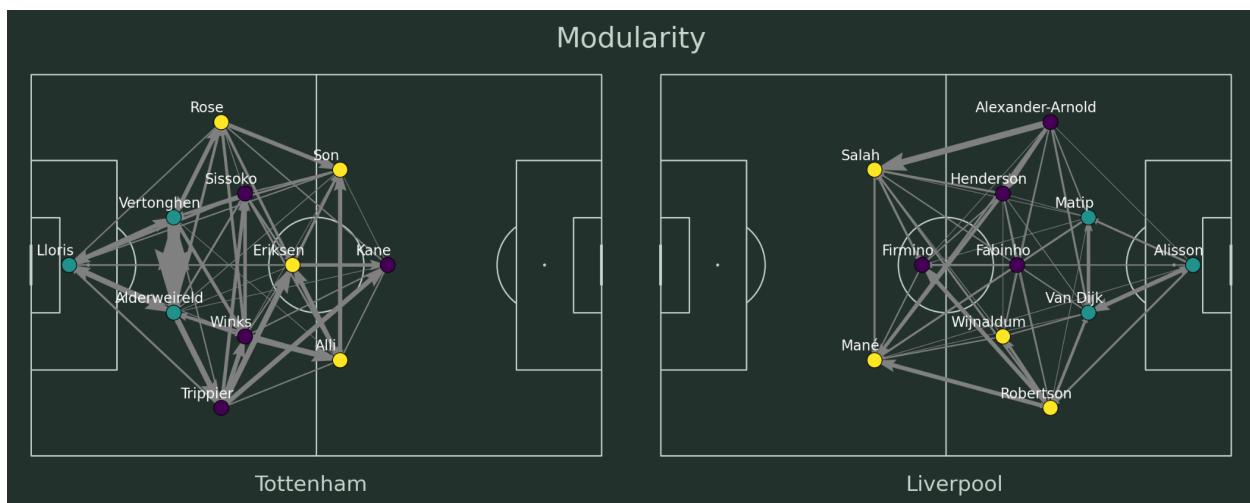


Για την ομάδα της Tottenham, σημαντικότεροι ποδοσφαιριστές αναδεικνύονται οι Alli [0.12], Vertonghen [0.11], Alderweireld [0.11] και Eriksen [0.11]. Παρατηρούμε πως οι δύο εκ των τεσσάρων σημαντικών παίκτων της είναι οι κεντρικοί αμυντικοί κάτι που επιβεβαιώνει την προηγούμενη διαπίστωση πως πιέζεται σημαντικά και πως η αντίπαλη ομάδα προσπαθεί να πετύχει και ένα δεύτερο τέρμα. Αντιθέτως και από την μεριά της Liverpool, σημαντικότεροι παίκτες είναι ο Salah [0.16], Mane [0.15] και Firmino [0.12]. Και οι τρείς τους είναι παίκτες της επιθετικής γραμμής. Εκτός από την επιθετικότητα της Liverpool μπορούμε και να συμπεράνουμε τον αποκλειστικό σκοπό της ομάδας που είναι να τροφοδοτήσει έναν εκ των επιθετικών της. Επιπλέον, πέραν του Henderson, οι κεντρικοί παίκτες δεν φαίνεται να είναι αρκετά σημαντικοί κάτι που επιβεβαιώνει και την υπόθεση μας πως η ανάπτυξη προέρχεται κυρίως από τις πλευρές. Συνολικά, τα αποτελέσματα της ανάλυσης PageRank συμφωνούν με αυτά του Eigenvector.

Modularity

Στα πλαίσια της ανάλυσης Modularity, σκοπός μας είναι ο εντοπισμός των “γειτονιών” που προκύπτουν εντός της 11άδας με βάση τα μοτίβα που εντοπίζονται στις μεταβιβάσεις τους. Με βάση την οργάνωση του σύγχρονου ποδοσφαίρου θα περιμέναμε οι γειτονιές που θα δημιουργήθουν να αντικατοπτρίζουν τις τρεις κύριες ομάδες παίκτων (α) αμυντικοί, (β) κεντρικοί και (γ) επιθετικοί. Όπως θα δούμε παρακάτω αυτή η διάκριση δεν επιβεβαιώνεται πάντοτε καθώς στην πραγματικότητα προκύπτουν διαφορετικοί συνδυασμοί.

Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο “Modularity” του Gephi και στην συνέχεια το πεδίο “modularity class” για τον χρωματισμό των παίκτων. Με ίδιο χρώμα απεικονίζονται ποδοσφαιριστές που ανήκουν σε ίδια γειτονιά. Συνολικά, όπως φαίνεται και από την παρακάτω απεικόνιση εντοπίστηκαν 3 γειτονιές για κάθε ομάδα.



- Για την ομάδα της Tottenham

Η κύρια αμυντική γειτονιά είναι ο τερματοφύλακας Lloris και οι δύο κεντρικοί αμυντικοί Vertonghen και Alderweireld. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως οι ακραίοι αμυντικοί δεν εντάσσονται στην αμυντική γειτονιά. Ο ένας εξ' αυτών (Trippier) ανήκει στην πιο "κεντρική" γειτονιά της κυκλοφορίας της μπάλας μαζί με τους Sissoko, Winks και Kane. Η παρουσία του κεντρικού επιθετικού Kane στην συγκεκριμένη γειτονία φανερώνει πως τροφοδοτείται κυρίως από παίκτες του άξονα και όχι των άκρων οι οποίοι συχνά επιτελούν και αμυντικά καθήκοντα. Αυτό επιβεβαιώνεται και εμπειρικά καθώς ο συγκεκριμένος παίκτης έχει την ικανότητα της υποδοχής προωθημένων ψηλών μεταβιβάσεων οι οποίες συχνά προέρχονται από αμυντικές γραμμές. Η κύρια επιθετική γειτονία απαρτίζεται από τον έτερο μπακ Rose, τον προωθημένο κεντρικό Eriksen και τους δύο ακραίους επιθετικούς Son και Alli. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως ο αμυντικός Rose επιτελεί περισότερο επιθετικά καθήκοντα από ότι αμυντικά και συμμετέχει ενεργά στην επίθεση της ομάδας του. Ο παίκτης που αναλαμβάνει κυρίως την τροφοδοσία των Son και Alli είναι ο Eriksen.

• Για την ομάδα της Liverpool

Η κύρια αμυντική γειτονιά της ακολουθεί το ίδιο μοτίβο με της Tottenham καθώς περιέχει και αυτή τον τερματοφύλακα Alisson και τους δύο κεντρικούς αμυντικούς Matip και Van Dijk. Οι συνδυασμοί διαφοροποιούνται όσον αφορά την επιθετική και την κεντρική γειτονία. Στην γειτονία του άξονα συμμετέχει ο αμυντικός της δεξιάς πλευράς Arnold, οι κεντρικοί Henderson, Fabinho και τέλος ο κεντρικός επιθετικός Firmino. Στην επιθετική γραμμή εντάσσονται ο αριστερός αμυντικός Robertson, ο κεντρικός Wijnaldum και οι δύο ακραίοι επιθετικοί Salah και Mane. Και σε αυτήν την περίπτωση ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως ο ένας ακραίος αμυντικός συμμετάσχει στην κεντρική γραμμή ενώ ο άλλος στην επιθετική με πιο προωθημένο ρόλο. Όπως και προηγουμένως, ο κεντρικός επιθετικός υπάγεται στην κεντρική γραμμή καθώς από αυτήν κυρίως τροφοδοτείται. Πιο συγκεκριμένα, αν παρατηρήσουμε τις ακμές μεταξύ των επιθετικών Salah και Mane προς τον Firmino, μπορούμε να διακρίνουμε πως είναι αρκετά λεπτές που παραπέμπει σε πολύ μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ τους με βάση τα στοιχεία του πρώτου ημιχρόνου. Στην επιθετική γειτονία, η μπάλα στον Salah φτάνει κυρίως μέσω κάποιας μακρινής μεταβίβασης ή μέσω του Mane.

Οι δύο επιθετικές γραμμές ενώ μοιάζουν, διαφέρουν σημαντικά και η ειδοποιός διαφορά τους είναι ο παίκτης της κεντρικής γραμμής που συμμετέχει. Για την ομάδα της Tottenham, ο παίκτης που αναλαμβάνει πιο επιθετικά καθήκοντα είναι ο Eriksen ένας παραδοσιακός προωθημένος κεντρικός ο οποίος φαίνεται να έχει επιθετική συμπεριφορά και να αλληλεπιδρά περισσότερο με την επιθετική γραμμή. Από την πλευρά της Liverpool, ο παίκτης με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά είναι ο Wijnaldum ένας πιο ακραίος κεντρικός παίκτης που κινείται κυρίως στην αριστερή πλευρά (άμυνας και επίθεσης). Φαίνεται λοιπόν πως η κύρια επιθετική γραμμή της Liverpool προτιμά να αναπτύσσεται από την αριστερή πλευρά και την συνεργασία μεταξύ Robertson και Wijnaldum ενώ της Tottenham ξεκινάει από το αριστερό φτερό της άμυνας και στην συνέχεια αναπτύσσεται κεντρικά μέσω του Eriksen.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως και στις δύο ομάδες ο κεντρικός επιθετικός δεν εντάσσεται στην καθαρά επιθετική γειτονία κυκλοφορίας της μπάλας αλλά στην πιο κεντρική.

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, εξαιτίας της ιδιότητας του κεντρικού επιθετικού να αγωνίζεται συχνά με πλάτη στην αντίπαλη εστία αποκτά τόσο έντονη διάδραση με την κεντρική γραμμή με αποτέλεσμα και στις δύο ομάδες να εντάσσεται στην γειτονιά του άξονα. Αυτό προκύπτει γιατί η τροφοδότηση των κεντρικών επιθετικών γίνεται κυρίως από τον άξονα. Μια άλλη εξήγηση είναι το γεγονός πως και οι δύο ομάδες προσπαθούν να κάνουν δομημένες επιθετικές προσπάθειες δηλαδή επιδιώκουν κάθε φορά την εμπλοκή είτε του άξονα είτε της επιθετικής γραμμής και όχι αναγκαστικά τον συνδυασμό τους. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τον πολύ μικρό αριθμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ακραίων και του κεντρικού επιθετικού και για τις δύο ομάδες.

Bridges and Local Bridges

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, σκοπός είναι η ανάδειξη των κόμβων οι οποίοι έχουν αναλάβει τον ρόλο της “γέφυρας”, δηλαδή είναι υπεύθυνοι κυρίως για την μεταφορά πληροφορίας στις διαφορετικές γειτονιές που εντοπίζονται σε ένα δίκτυο. Γενικότερα, μία γέφυρα είναι μια άμεση σύνδεση μεταξύ κόμβων που διαφορετικά θα βρίσκονταν σε τελείως διαφορετικά μέρη του δικτύου χωρίς κοινά σημεία. Η τοπική γέφυρα διαφέρει από την απλή στο γεγονός πως αν μια τοπική γέφυρα διαγραφεί, η απόσταση των δύο κόμβων που ένωνε αυξάνεται σημαντικά ενώ στην άλλη περίπτωση παύει να υπάρχει οποιαδήποτε σύνδεση μεταξύ των δύο κόμβων. Πιο συγκεκριμένα:

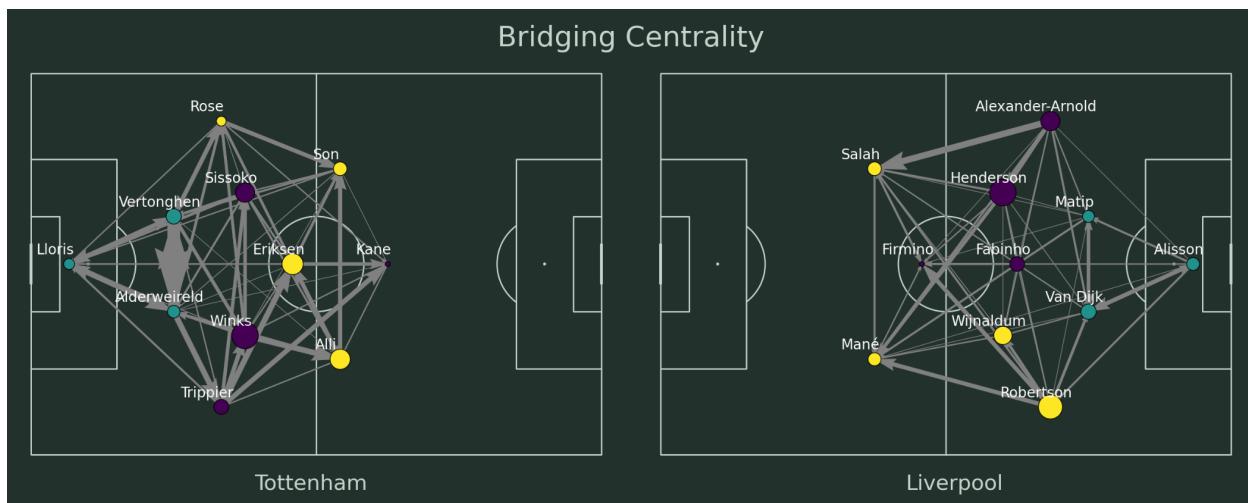
- *Παγκόσμια (global) γέφυρα:*

Ορίζεται ως ο κόμβος ή η ακμή που είναι η υπεύθυνη για την επικοινωνία μεταξύ εντελώς διαφορετικών γειτονιών του δικτύου. Αν αυτός ο κόμβος ή η ακμή πάψουν να υπάρχουν, τότε εξαλείφεται και η αλληλεπίδραση των δύο αυτών διαφορετικών γειτονιών που ενώνει. Στην περίπτωση μας ένας τέτοιος κόμβος θα μπορούσε να είναι ένας παίκτης που ενώνει την αμυντική με την επιθετική γειτονιά.

- *Τοπική (local) γέφυρα:*

Ορίζεται ως ο κόμβος ή η ακμή που είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία κόμβων εντός της ίδιας γειτονιάς. Αν αυτός ο κόμβος ή η ακμή πάψουν να υπάρχουν τότε η αλληλεπίδραση των κόμβων εντός της γειτονιάς δυσκολεύει σημαντικά αλλά δεν είναι ακατόρθωτη. Σε όρους δικτύου μεταβιβάσεων, τοπική γέφυρα θα μπορούσε να αποτελεί ένας παίκτης που έχει πολύ ενεργό ρόλο εντός της αμυντικής γειτονιάς.

Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς και για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα χρησιμοποιήσουμε μία γραφική απεικόνιση που αναδεικνύει και τις γειτονιές που δημιουργούνται σε κάθε δίκτυο έτσι ώστε να ερμηνεύσουμε κάθε γέφυρα με βάση την γειτονιά της. Για των εντοπισμό των γεφυρών χρησιμοποιήθηκε το plug-in του Gephi “Bridging Centrality”. Σύμφωνα την δημοσίεση των δημιουργών του [A Bridging Centrality plugin for GEPHI and a case study for Mycobacterium tuberculosis](#), για την εύρεση των global γεφυρών χρησιμοποιείται η μετρική Bridging Centrality και η Bridging Coefficient για τις τοπικές.

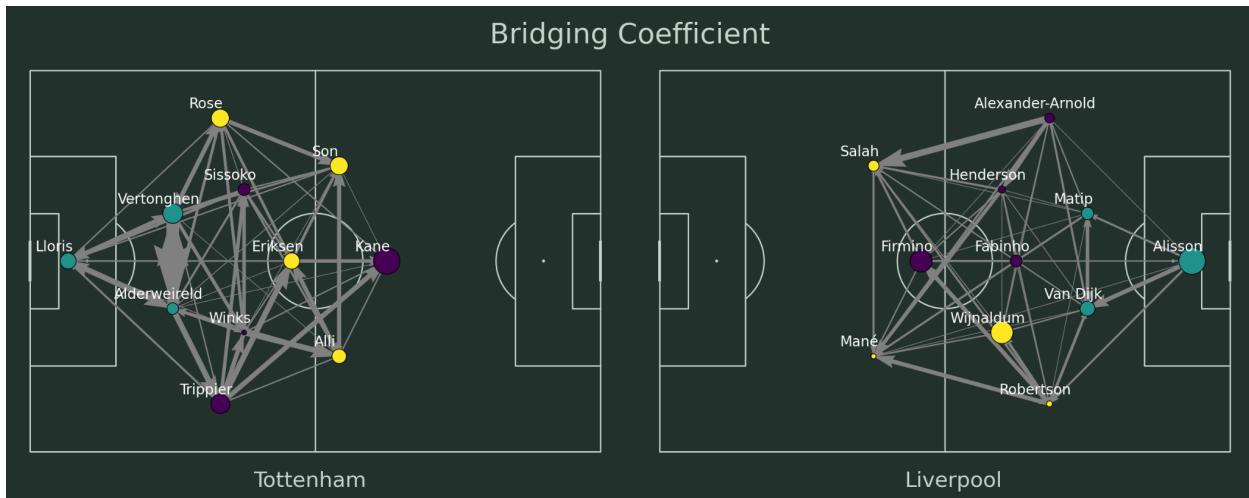


Μελετώντας αρχικά το παραπάνω διάγραμμα με σκοπό τον εντοπισμό των global bridges, σκοπός μας είναι να αναδείξουμε για την κάθε ομάδα έναν ποδοσφαιριστή από την κάθε γειτονιά παίκτων της, αυτόν δηλαδή που αναλαμβάνει την επικοινωνία με τις υπόλοιπες γειτονιές. Από την μεριά της Tottenham, τον ρόλο αυτό στην αμυντική γραμμή αναλαμβάνουν και οι τρεις συμμετέχοντες της (Lloris, Vertongen και Alderweireld). Αυτό σημαίνει πως οι μεταβιβάσεις προς την κεντρική γραμμή ή και την επίθεση προέρχονται και από τους τρεις τους. Για την κεντρική γραμμή ρόλο ενδιάμεσου έχει ο Winks. Αυτός επιδιώκει την κυκλοφορία της μπάλας είτε προς τα εμπρός είτε προς τα πίσω. Όσον αφορά την επιθετική γραμμή, ο παίκτης γέφυρα είναι ο Eriksen. Αυτός αναλαμβάνει να υποδεχτεί την μπάλα είτε από την αμυντική είτε την κεντρική γραμμή και να την προωθήσει στην συνέχεια στους ακραίους επιθετικούς και τον Kane. Μπορούμε λοιπόν να καταλήξουμε στο εξής συμπέρασμα. Οι παίκτες “ραχοκοκαλία” της Tottenham, απαραίτητοι για την ανάπτυξη της και την μεταφορά της μπάλας είναι οι δύο κεντρικοί αμυντικοί, ο Winks και ο Eriksen. Τέλος, παρατηρώντας την διάταξη της ομάδας επιβεβαιώνεται και ο ισχυρισμός πως η ανάπτυξη της γίνεται από το κέντρο καθώς και οι τέσσερις προαναφερθέντες παίκτες παίζουν στον άξονα.

Από την μεριά της Liverpool, η γειτονιά που σχηματίζουν ο τερματοφύλακας και οι δύο κεντρικοί αμυντικοί είναι αρκετά παρόμοια με αυτή της αντιπάλου Tottenham καθώς και οι τρείς τους φαίνεται να προωθούν την μπάλα προς τις άλλες δύο γειτονιές με την ίδια συχνότητα συνεπώς αποτελούν και οι τρεις global γέφυρες. Στην κεντρική γειτονιά, τον ρόλο αυτό αναλαμβάνει ο Henderson και έτσι συνδέεται η αμυντική με την επιθετική γραμμή. Στην περισσότερο επιθετική γειτονιά ρόλο γέφυρας παίζει ο Robertson κάτι το οποίο δεν είναι τόσο αναμενόμενο καθώς τοποθετείται στον αρχικό σχηματισμό στην θέση του αριστερού οπισθοφύλακα. Αυτό ερμηνεύεται ως εξής: ο συγκεκριμένος ποδοσφαιριστής έχει έναν πιο ελεύθερο ρόλο και προωθείται συνεχώς προς την επιθετική γραμμή “κουβαλώντας” την μπάλα στην αριστερή πλευρά από την άμυνα προς την επίθεση. Οι παίκτες “ραχοκοκαλία” της Liverpool, είναι οι δύο κεντρικοί αμυντικοί, ο Henderson και ο Robertson. Συμπερασματικά, η ανάπτυξη της Liverpool γίνεται τόσο από τον άξονα όσο και την αριστερή πλευρά σε αντίθεση με την Tottenham που προτιμά το κέντρο.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τις global γέφυρες είναι πολύ παρόμοια με αυτά της Betweenes και για τις δύο ομάδες.

Μελετώντας τώρα την απεικόνιση για το bridging coefficient, μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τους κόμβους που έχουν τον ρόλο των τοπικών γεφυρών. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, local bridge ορίζεται ως ο κόμβος συνδέει άλλους κόμβους μεταξύ οι οποίοι ανήκουν στην ίδια γειτονία εντός του δικτύου.



Από την πλευρά της Tottenham και της αμυντικής της γειτονιάς, τον ρόλο του εσωτερικού ενδιάμεσου έχει ο Verongen από του οποίου τα πόδια η μπάλα περνάει πολύ συχνά κατά την αμυντική κυκλοφορία (επιβεβαιώνεται και από την ανάλυση σχετικά με τον αριθμό των τριγώνων). Για την κεντρική γειτονιά, διακρίνεται ο κεντρικός επιθετικός Kane. Η συγκεκριμένη διαπίστωση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της θέσης του εν λόγω παίκτη κάτι που μας παραπέμπει στο ότι συχνά αφήνει την αρκετά επιθετική του θέση και επιστρέφει κεντρικά για να συνεισφέρει την κυκλοφορία και πιθανότερα στην εναλλαγή της μπάλας μεταξύ Sissoko προς Winks και Trippier. Τέλος, για την καθαρά επιθετική γειτονιά, ρόλο ενδιάμεσου έχουν οι Rose και Son. Αυτοί είναι υπεύθυνοι για την κυκλοφορία εντός της περιοχής αυτής αλλά όχι αποκλειστικά την πραγματοποίηση μεταβιβάσεων αφού τον ρόλο αυτό έχει ο Eriksen όπως διαπιστώθηκε παραπάνω.

Για την ομάδα της Liverpool, κεντρικό ρόλο στην κυκλοφορία της αμυντικής γραμμής έχει ο Alisson. Σε αντίθεση με την Tottenham οι παίκτες της Liverpool φαίνεται πιως εμπιστεύονται τα πόδια του τερματοφύλακα τους και τόσο ο Matip όσο και Van Dijk του προωθούν συχνά την μπάλα. Μάλιστα, αποτελεί και συνδετικό κρίκο μεταξύ τους αφού οι δύο κεντρικοί αμυντικοί προτιμούν αντί της απευθείας εναλλαγής μπάλας μεταξύ τους να κάνουν την ενδιάμεση πάσα προς τον τερματοφύλακα και στην συνέχεια αυτός να την προωθήσει. Στον άξονα, ρόλο ενδιάμεσου για την συγκεκριμένη γειτονιά έχει ο Firmino. Όπως και με τον Kane από την πλευρά της Tottenham, ο Firmino συχνά φαίνεται πιως αφήνει τα επιθετικά του καθήκοντα και να συνεισφέρει στην κυκλοφορία της μπάλας παίζοντας “με πλάτη” στην αντίπαλη εστία, μία παραδοσιακή συμπεριφορά των κεντρικών επιθετικών. Τέλος, για την επιθετική γειτονία ο

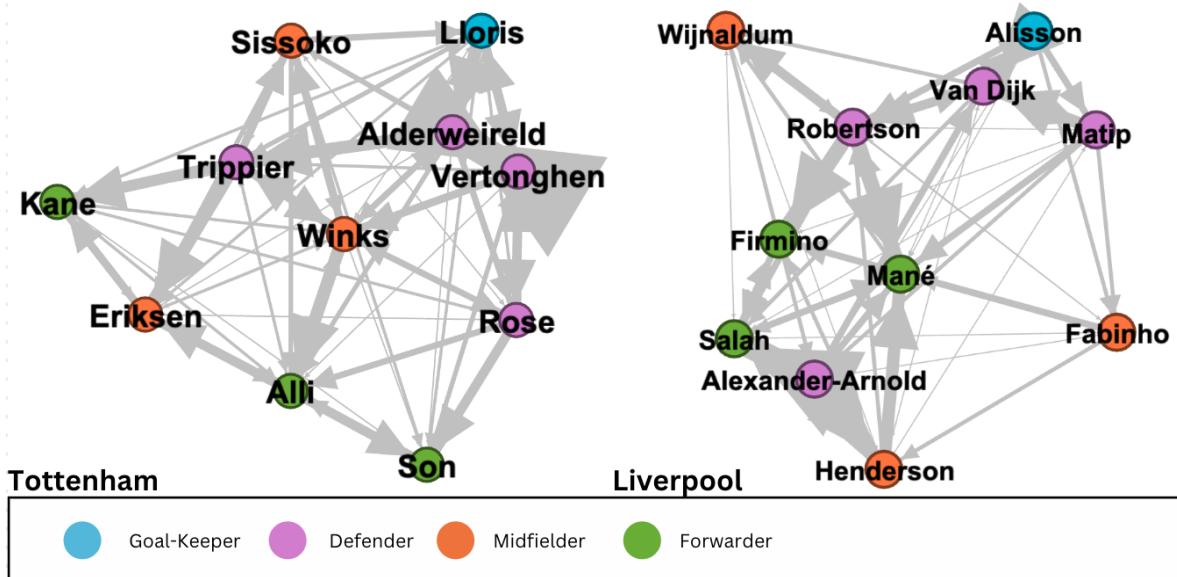
κεντρικός Wijnaldum αναλαμβάνει ρόλο ενδιάμεσου. Εκείνος με την κινητικότητα του στον αγωνιστικό χώρο φαίνεται πως συνδράμει σημαντικά στην κυκλοφορία της μπάλας εντός της ομάδας αυτής παικτών. Παρόλα Αυτά, δεν είναι αυτός που αναλαμβάνει τις μεταβιβάσεις σε άλλες γειτονιές (Robertson). Και οι δύο ποδοσφαιριστές που χαρακτηρίστηκαν “τοπικές” γέφυρες (Firmino-Wijnaldum) αναδικνύονται και από την μελέτη του αριθμού των τριγώνων στα οποία εμπλέκονται επειβεβαιώνοντας έτσι τον ρόλο τους.

Συνοψίζοντας, τόσο οι ποδοσφαιριστές που αναδικνύονται global αλλά και local γέφυρες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κυκλοφορία και ανάπτυξη της ομάδας και κατ' επέκταση στην δημιουργία προϋποθέσεων για απειλή στην αντίπαλη εστία. Οι πρώτοι προωθούν την μπάλα από γειτονιά σε γειτονιά ενώ οι δεύτεροι κυκλοφορούν αποτελεσματικά την μπάλα εντός της γειτονιάς. Η local γέφυρα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ώς ο παίκτης υπεύθυνος για την καθοδήγηση της μπάλας προς τον παίκτη global γέφυρα ώστε αυτή να μεταβιβαστεί.

Gender and Homophily

Σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι η διερεύνηση των φαινομένων ομοφιλίας στα πλαίσια των δύο δικτύων μεταβιβάσεων. Η ομοφιλία αναφέρεται στην τάση των ατόμων να δημιουργούν σχέσεις με άλλους που μοιάζουν σε ένα επίπεδο. Στα πλαίσια κοινωνικών δικτύων αυτό σημαίνει πως οι άνθρωποι τείνουν να δημιουργούν σχέσεις με άλλους που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως ηλικία, φυλή, εκπαίδευση ή ενδιαφέροντα. Με σκοπό την διερεύνηση τέτοιων φαινομένων σε ένα passing network και κατ' επέκταση σε μια ποδοσφαιρική ομάδα, το χαρακτηριστικό που χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό των παικτών είναι η θέση τους. Συνολικά οι ποδοσφαιριστές και των δύο ομάδων χωρίστηκαν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες θέσεων με βάση την αρχικό σχεδιασμό. Τους αμυντικούς, τους κεντρικούς, τους επιθετικούς και τον τερματοφύλακα. Σκοπός μας λοιπόν είναι να μελετήσουμε το κατά πόσο παίκτες που αγωνίζονται στις ίδιες θέσεις πραγματοποιούν συχνά μεταβιβάσεις μεταξύ τους ή όχι. Κανείς θα περίμενε πως η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι θετική όμως στην πραγματικότητα οι καταστάσεις είναι πιο περίπλοκες.

Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζονται τα passing networks των δύο ομάδων στο λογισμικό Gephi. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν χρησιμοποιήθηκε το mpsoccer και η απεικόνιση των 11άδων στο γήπεδο καθώς για την συγκεκριμένη ανάλυση μας ενδιαφέρουν οι διαφορετικές “γειτονιές” που δημιουργούνται. Η διάταξη των κόμβων στον χώρο έγινε με την χρήση του Layout αλγορίθμου Force Atlas 2 που στοχεύει στην αναπαράσταση των γειτονιών.



Το παραπάνω διάγραμμα ερμηνεύεται ως εξής: όσο πιο “κοντά” είναι δύο κόμβοι μεταξύ τους τόσο πιο έντονη αλληλεπίδραση εμφανίζουν εντός του δικτύου. Κόμβοι που είναι αρκετά κοντά και ίδιας χρωματικής απόχρωσης παραπέμπουν σε υψηλή Ομοφυλία. Το αντίστροφο ισχύει για ίδιας απόχρωσης κόμβους σε μεγάλη απόσταση. Εκ πρώτης όψεως τα δύο δίκτυα φαίνονται πιανομοιότυπα. Πράγματι έχουν αρκετές ομοιότητες αλλά και σημαντικές διαφορές. Η σημαντικότερη ομοιότητα αφορά τους κεντρικούς αμυντικούς και τον τερματοφύλακα. Και στα δύο δίκτυα οι κεντρικοί αμυντικοί αλληλεπιδρούν έντονα τόσο μεταξύ τους όσο και με τον τερματοφύλακα. Επιπλέον, και στα δύο δίκτυα οι παίκτες της αμυντικής γραμμής (Defenders) δεν βρίσκονται τόσο κοντά (με εξαίρεση τους κεντρικούς αμυντικούς). Για την ακρίβεια, οι ακραίοι αμυντικοί είναι αρκετά απομακρυσμένοι ο ένας από τον άλλο και δείχνουν να μην ανταλλάσουν πάσες συχνά. Αυτό συμβαίνει γιατί μεταβιβάσεις από το ένα άκρο της άμυνας στο άλλο παραδοσιακά χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλο ρίσκο και για αυτό δεν προτιμούνται. Συνεχίζοντας, ο παίκτης της Liverpool Arnold (αμυντικός) φαίνεται πως διαδραματίζει έναν αρκετά σημαντικό ρόλο μεταβιβάσεων προς την επιθετική γραμμή και να μην αλληλεπιδρά τόσο συχνά με τους συμπαίκτες του στην αμυντική γραμμή.

Παρατηρώντας τώρα τους παίκτες της κεντρικής γραμμής της Tottenham, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά πέρα από αυτό έχουν και έντονη σχέση και με παίκτες άλλων γραμμών, μια διαπίστωση που ταιριάζει με τον δημιουργικό στόχο ενός κεντρικού παίκτη. Από την άλλη, η κεντρική γραμμή της Liverpool δείχνει να είναι πιο απομακρυσμένη μεταξύ της. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής: όταν ένας κεντρικός παίκτης της τροφοδοτηθεί με την μπάλα, αυτός προτιμά να αναλάβει αποκλειστικά την προώθηση της προς την επιθετική γραμμή και δεν την μοιράζεται για τον σκοπό αυτό με κάποιον άλλο κεντρικό.

Οι κυριότερες διαφορές όμως στα πλαίσια της ομοφυλίας για τα δύο δίκτυα εντοπίζονται στις επιθετικές γραμμές. Η επιθετική τριπλέτα της Liverpool από την μία αλληλεπιδρά έντονα μεταξύ της ανταλλάσσοντας μπλαίσες ενώ από την άλλη η επιθετική γραμμή της Tottenham είναι

χωρισμένη στα δύο. Από την μία ο Kane και από την άλλη οι έτεροι ακραίοι επιθετικοί Son και Alli. Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, ο παίκτης Kane τροφοδοτείται κυρίως από τον άξονα και επιχειρεί κατά κύριο λόγο στην συνέχεια ατομικές ενέργειες κάτι που τον απομονώνει από την υπόλοιπη επίθεση. Η μή επιθυμία των τριών επιθετικών να συνεργαστούν μεταξύ τους ίσως ήταν και ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που οδήγησαν σε τόσο χαμηλό αριθμό τελικών ενεργειών για το πρώτο ημίχρονο (μόλις 2).

Ολοκληρώνοντας, η μεγαλύτερη ομοφυλία εντοπίζεται ανάμεσα στην αμυντική γραμμή (κεντρικοί αμυντικοί) και τον τερματοφύλακα. Η χαμηλότερη εντοπίζεται στον άξονα κάτι που εκλαμβάνεται θετικά καθώς οι κεντρικοί επιτελούν σωστά το δημιουργικό έργο της αλληλεπίδρασης τόσο με την αμυντική όσο και την επιθετική γραμμή. Τέλος, η επίθεση της Liverpool παρουσιάζει αρκετά μεγαλύτερη ομοφιλία από αυτήν της Tottenham.

Τοποθετήσεις Ποδοσφαιριστών

Στις προηγούμενες αναλύσεις, η τοποθέτηση των παικτών στο γήπεδο γινόταν με βάση τον αρχικό σχεδιασμό που ο κάθε προπονητής υλοποίησε. Ποιές στην πραγματικότητα ήταν οι τοποθετήσεις των παικτών εντός του αγωνιστικού χώρου και ποιός ο σχεδιασμός που τελικά εφαρμόστηκε; Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν δεδομένα που παρέχονται από το statsbomb τα οποία σχετίζονται με δύο ειδών τοποθεσίες παικτών στον αγωνιστικό χώρο:

- Τοποθεσία από την οποία κάποιος ποδοσφαιριστής πραγματοποιεί την πάσα (Passing Location)
- Τοποθεσία στην οποία ένας παίκτης δέχεται την πάσα (Receiving Location)

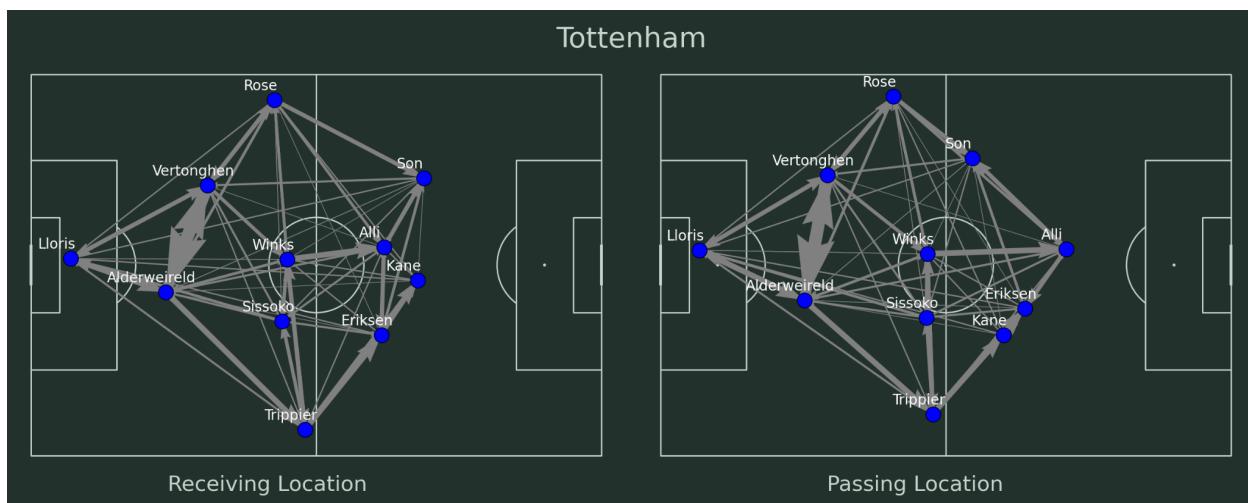
Για κάθε ποδοσφαιριστή και των δύο ομάδων υπολογίστηκε έτσι το μέσο σημείο στο γήπεδο που δέχεται και πασάρει την μπάλα και τα αποτελέσματα φαίνονται στις παρακάτω αναπαραστάσεις.

- Tottenham

Παρατηρώντας την αναπαράσταση που τοποθετεί τους ποδοσφαιριστές στην μέση πραγματική θέση στην οποία δέχονται μεταβιβάσεις, μπορούμε να βγάλουμε σημαντικά συμπεράσματα για τις τοποθετήσεις των ποδοσφαιριστών. Αρχικά, οι ακραίοι αμυντικοί Rose και Trippier δέχονται μεταβιβάσεις πολύ κοντά στις πλάγιες γραμμές, κάτι το οποίο βοηθάει στην ανάπτυξη καθώς δημιουργείται έτσι περισσότερος χώρος. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν και οι τοποθετήσεις των μεσο-επιθετικών στον αγωνιστικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται να υπάρχει μια σύγχυση στην επιθετική γραμμή με τους παίκτες να μην ακολουθούν τον αρχικό σχηματισμό. Αυτό αποδεικνύεται κυρίως από την τοποθέτηση του Alli ο οποίος υποδέχεται τις περισσότερες πάσες προς αυτόν στην θέση του Kane. Από την παρακάτω απεικόνιση μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε πως στην αριστερή μέσο-επιθετική περιοχή υπάρχει ένα μεγάλο “κενό” κάτι

που σημαίνει πως οι ποδοσφαιριστές δεν δέχονται πάσες εκεί. Όπως βλέπουμε, και οι τέσσερις κεντρικοί παίκτες της Tottenham, είναι μετατοπισμένοι κεντροδεξιά.

Σχετικά με το διάγραμμα του Receiving location, του μέσου δηλαδή σημείου στο οποίο οι παίκτες πραγματοποιούν μεταβιβάσεις, οι περισσότερες διαπιστώσεις που προέκυψαν παραπάνω επιβεβαιώνονται. Η σύγχυση στην επιθετική γραμμή εξακολουθεί να υπάρχει με τον Alli που φαίνεται πως αγωνίζεται ως κεντρικός επιθετικός και τον Kane σαν ακραίο κάτι που παραπέμπει σε κάποια εσωτερική αλλαγή του σχηματισμού από τον προπονητή. Ενδιαφέρον έχει και η τοποθέτηση του Eriksen ο οποίος δείχνει συνεχώς αρκετά πρωθημένος και μέρος της επιθετικής γραμμής. Συνολικά, οι τοποθετήσεις των παίκτων της Tottenham φαίνονται αμυντικές και δεν προσεγγίζουν την αντίπαλη εστία κάτι που επιβεβαιώνει την αρχική μας διαπίστωση (Weighted In - Out Degree).

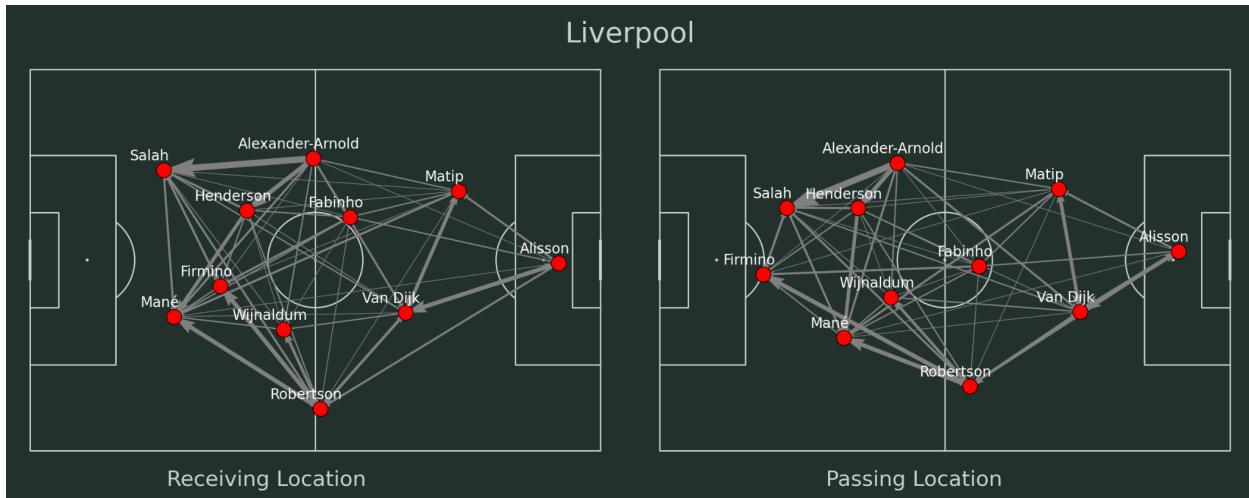


- Liverpool

Εκ πρώτης όψεως, οι τοποθετήσεις της Liverpool με βάση το Receiving Location φαίνονται πιο ξεκάθαρες με τις αρχικές τοποθετήσεις των ποδοσφαιριστών να αντανακλώνται από την πραγματική τους θέση στον αγωνιστικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, δεν εντοπίζεται το “κενό” για το οποίο έγινε λόγος στην ομάδα της Tottenham κατά συνέπεια οι παίκτες της να δέχονται μεταβιβάσεις σε κάθε χώρο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το γεγονός πως οι ακραίοι αμυντικοί δεν υποδέχονται την μπάλα κοντά στις πλάγιες γραμμές (σε αντίθεση με τον αντίπαλο) αλλά έχουν πιο κεντρικές τοποθετήσεις.

Μελετώντας την απεικόνιση για το Passing Location των ποδοσφαιριστών της, μπορούμε να καταλήξουμε στο ότι εκ των δύο ακραίων αμυντικών, αυτός που προωθείται περισσότερο σημείο από τον αντίστοιχο αμυντικό Robertson. Καθαρά αμυντικό ρόλο στην κεντρική γραμμή έχει ο Fabinho καθώς δεν φαίνεται να προωθείται συχνά πέραν της γραμμής της σέντρας. Συνολικά, οι τοποθετήσεις της Liverpool είναι πιο επιθετικές με τον Firmino να πραγματοποιεί πολλές μεταβιβάσεις από το

ύψος της αντίπαλης μεγάλης περιοχής, κάτι που επιβεβαιώνει και την αρχική διαπίστωση για την επιθετική σχεδίαση και δράση της ομάδας.



Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και αρχικά, σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης ήταν να αναδειχθούν κυρίως τα μοτίβα ανάπτυξης και αλληλεπίδρασης των παικτών κάθε ομάδας αλλά και οι πολυτιμότεροι παίκτες από διαφορετικές πλευρές ανάλυσης. Συνοψίζοντας έτσι τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων, μπορούμε αρχικά να καταλήξουμε στο ότι για την Tottenham, το κύριο μοντέλο ανάπτυξης και μεταβιβάσεων της εστιάζει στον άξονα και την κεντρική γραμμή με τις περισσότερες πάσεις να πραγματοποιούνται στο μέρος αυτό του γηπέδου. Αντιθέτως, η Liverpool δείχνει να προτιμά να αναπτύσσεται από τα άκρα αλλά και τον άξονα εντάσσοντας έτσι μια διαφοροποίηση στο παιχνίδι της. Σημαντικότερος παίκτης για το πρώτο μέρος της αναμέτρησης από την πλευρά της Tottenham είναι ο Alli κάτι που επιβεβαιώνεται από Eigenvalue και το PageRank. Αντίστοιχα και από την μεριά της Liverpool, οι σημαντικότεροι παίκτες στην κυκλοφορία είναι οι Salah και Mane. Τον σημαντικότερο ρόλο από την πλευρά της ανάπτυξης και μεταφοράς της μπάλας έχει ο Winks και ο Eriksen για την Tottenham ενώ για την αντίπαλη ομάδα, αναδεικνύονται οι Henderson και Robertson. Ιδιαίτερα σημαντικός αποδεικνύεται ο ρόλος των κεντρικών επιθετικών και για τις δύο ομάδες συνεισφέροντας στην κυκλοφορία στην κεντρική γραμμή και συχνά στην προώθηση των ακραίων επιθετικών.

Πέραν όμως αυτών και δεδομένου του ότι η πάσα είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του σύγχρονου ποδοσφαίρου, κατά την διάρκεια των αναλύσεων αναδείχθηκαν και άλλες πλευρές της αναμέτρησης για το πρώτο ημίχρονο. Συλλογίζομενοι έτσι τα υψηλά στατιστικά για την κατοχή (62% υπέρ της Tottenham) σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα των αναλύσεων μπορούμε να εξηγήσουμε μερικώς γιατί η Tottenham δεν κατάφερε να επικρατήσει στο πρώτο μέρος της αναμέτρησης. Η σημαντικότερη πτυχή αυτού ήταν ακριβώς η κατοχή της η οποία εκ πρώτης όψεως φαίνεται ικανοποιητική αλλά με βάση τις αναλύσεις για το Weighted In και Out

Degree βλέπουμε πως ήταν αρκετά παθητική και παγιδευμένη στην αμυντική της ζώνη κάτι που δεν συνέβαλε στην δημιουργία προϋποθέσεων για κάποια απειλητική επίθεση προς την αντίπαλη εστία (2 έναντι 8 τελικών ευκαιριών). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στον ανεπαρκή σχεδιασμό από την πλευρά της Tottenham, πολύ καλή αμυντική λειτουργία από την πλευρά της Liverpool ή και παράγοντες αυτοπεποίθησης μιάς και καθοριστική στιγμή στην εξέλιξη του παιχνιδιού ήταν η εύστοχη εκτέλεση πέναλτι της Liverpool μόλις στο δεύτερο λεπτό του αγώνα. Βασιζόμενοι επίσης στις αναλύσεις των Clustering effects μπορούμε να συμπεράνουμε και την πιο αποτελεσματική και στοχευμένη ανάπτυξη της Liverpool σε σχέση με την Tottenham υλοποιώντας προσχεδιασμένους συνδιασμούς παικτών και σχημάτων ανάπτυξης (μέσο clustering coefficient και μετριασμένη ύπαρξη τριαδικής κλειστότητας). Σημαντικό επίσης ρόλο στην ανεπιτυχή επιθετική λειτουργία της Tottenham έπαιξε και η σύγχιση που αναδείχθηκε από την μελέτη των τοποθετήσεων των παικτών της επιθετικής γραμμής Kane, Alli και Son. Συνολικά, η Liverpool δεν επαναπαύθηκε στο γκολ που πέτυχε στα πρώτα λεπτά της αναμέτρησης και συνέχισε να είναι επιθετική ενώ παράλληλα έπαιξε σκληρή άμυνα.

Ως εναλλακτική τακτική ανάπτυξης για την Tottenham θα μπορούσε να προταθεί η πραγματοποίηση επιθέσεων από τις πλευρές και συγκεκριμένα από την αριστερή μεριά δεδομένου ότι ο δεξιός ακραίος οπισθοφύλακας Arnold της αντίπαλης Liverpool προωθείται συχνά και επιτελεί επιθετικό ρόλο και κατ' επέκταση παραμερίζει τα αμυντικά του καθήκοντα. Επιπλέον, η ομάδα θα μπορούσε να εφαρμόσει μια πιο ξεκάθαρη στρατηγική όσον αφορά την επιθετική γραμμή με σκοπό να αποφύγει την σύγχιση που παρατηρήθηκε παραπάνω στις τοποθετήσεις. Εν τέλη, η Tottenham στο δεύτερο ημίχρονο της αναμέτρησης εμφανίστηκε τελείως διαφοροποιημένη στρατηγικά με αποτέλεσμα να πραγματοποιήσει συνολικά 14 τελικές προσπάθειες έναντι 6 της Liverpool. Παρόλαυτα, η εντυπωσιακή εμφάνιση του τερματοφύλακα της Alisson που κράτησε ανέπαφη την εστία του έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην τελική επικράτηση της με το τελικό 0-2.

Ολοκληρώνοντας έτσι την ανάλυση, μπορούμε με μεγάλη ασφάλεια να καταλήξουμε στο ότι η μελέτη των δικτύων μεταβιβάσεων μπορεί να πληροφορίσει τις ομάδες για πολλαπλές πτυχές ενός ποδοσφαιρικού αγώνα και να παρέχει σημαντικές απαντήσεις για την εξέλιξη του καθώς και τα ισχυρά και αδύναμα στοιχεία κάθε ομάδας. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στην αρχή της ανάλυσης απαντήθηκαν με επιτυχία μαζί με πολλές που δεν είχαν αναφερθεί στην αρχή αναδεικνύοντας έτσι την ποσότητα της πληροφορίας που μπορεί να εξαχθεί από την μελέτη τους. Η αξιοποίηση τέτοιων αναλύσεων και δικτύων τα τελευταία χρόνια είναι πολύ συχνότερη με ομάδες και πρωταθλήματα να επενδύουν χρήματα τόσο σε λογισμικό για την συλλογή των αντίστοιχων δεδομένων αλλά και σε ανθρώπινο κεφάλαιο όπως αναλυτές.

Βιβλιογραφία

1. Du, D. (2019). Social network analysis: Centrality measures. University of New Brunswick.
2. Büttner, K., Scheffler, K., Czscholl, I., & Krieter, J. (2015). Social network analysis-centrality parameters and individual network positions of agonistic behavior in pigs over three different age levels. Springerplus, 4(1), 1-13.

3. Heidemann, J., Klier, M., & Probst, F. (2010). Identifying key users in online social networks: A pagerank based approach.
4. Pereira, G., Ghosh, P., & Santos, A. (2021). A Bridging Centrality Plugin for GEPHI and a Case Study for Mycobacterium Tuberculosis H37Rv.
5. Buldú, J. M., Busquets, J., Echegoyen, I., & Seirul.lo, F. (2019). Defining a historic football team: Using network science to analyze Guardiola's F.C. Barcelona.
6. Gonçalves, B., Coutinho, D., Santos, S., Lago-Penas, C., Jiménez, S., & Sampaio, J. (2017). Exploring Team Passing Networks and Player Movement Dynamics in Youth Association Football.
7. Mclean, S., Salmon, P. M., Gorman, A. D., Stevens, N. J., & Solomon, C. (2018). A social network analysis of the goal scoring passing networks of the 2016 European Football Championships. *Human Movement Science*.