

Veri Tabanlı Futbol Analizinde Ağ Bilimi

Halil Orbay Çobanoğlu¹

Özet

Bu çalışma, futbol analizinde ağ bilimi yöntemlerinin kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Son yıllarda, spor bilimlerinde veri tabanlı analizlerin artmasıyla birlikte ağ bilimi, takım sporlarındaki karmaşık etkileşimleri anlamada önemli bir araç olarak öne çıkmıştır. Ağ bilimi, oyuncular arasındaki paslaşma ve pozisyon değişikliklerini düğümler ve bağlantılar aracılığıyla modelleyerek, takımın stratejik yapısının değerlendirilmesine olanak tanır. Özellikle futbol gibi dinamik yapıya sahip sporlarda, oyuncuların pas ağları ve merkeziyet ölçütleri, takımın hücum ve savunma organizasyonlarını anlamada kritik rol oynar.

Futbolda pas ağları, oyuncular arasındaki etkileşimlerin görselleştirilmesine olanak tanır. Bu ağlarda, düğümler oyuncular, bağlantılar ise pasları temsil eder. Pas motiflerinin analiz edilmesi, takımın oyun stratejileri ve oyuncu rollerinin belirlenmesi açısından önemli bilgiler sunar. Merkeziyet ölçütleri (degree, betweenness, closeness, eigenvector), oyuncuların takım içindeki rollerini ve oyuna katkı düzeylerini nicel olarak değerlendirmeye

1 Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbay.cobanoglu@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

imkân verir. Bu analizler sayesinde, takımın güçlü ve zayıf yönleri belirlenebilir, oyuncu performansları objektif olarak değerlendirilebilir ve stratejik karar süreçleri desteklenebilir.

Ayrıca, ağ bilimi teknikleri oyuncu pozisyon analizi ve formasyon dinamiklerini anlamada da kullanılır. Oyuncuların saha içindeki konumlarının zamansal değişimleri, takımın oyun yapısının nasıl şekillendiği hakkında fikir verir. Yapılan çalışmalar, ağ bilimi kullanılarak elde edilen verilerin, antrenman planlaması ve rakip analizi süreçlerinde değerli bilgiler sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda, futbol analitiğinde ağ biliminin daha yaygın ve etkin kullanımı, takım performanslarının daha doğru bir şekilde analiz edilmesine katkı sağlayacaktır.

GİRİŞ

Son yıllarda sporda veri temelli analizlerin artmasıyla birlikte, ağ bilimi (network science) spor performansının anlaşılmasında ve geliştirilmesinde önemli bir araç hâline gelmiştir. Ağ bilimi, karmaşık sistemlerdeki etkileşimleri düğümler (nodes) ve bağlantılar (edges) aracılığıyla modelleyen disiplinlerarası bir yaklaşımdır (Newman, 2018). Bu yaklaşım, özellikle takım sporlarında oyuncular arasındaki ilişkileri, takım içi işleyişi ve oyun stratejilerini ortaya koymada etkili olmaktadır (Clemente ve diğ., 2015).

Futbol, yapısı gereği yüksek dinamikliğe ve sürekli değişen etkileşimlere sahip bir takım oyunudur. Oyuncular arasındaki paslaşmalar, pozisyon değiştirmeleri ve alan kullanımı, kompleks bir ağ yapısı ortaya çıkarır. Bu nedenle, ağ bilimi futbol analizi açısından hem makro (takım) hem de mikro (oyuncu) düzeyde zengin bilgiler sunmaktadır (Passos ve diğ., 2011). Özellikle pas ağları aracılığıyla oyuncular arasındaki bağlantıların yoğunluğu, merkeziyet dereceleri ve ağın genel yapısı analiz edilerek takımın stratejik yaklaşımı hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir (Clemente, 2020).

Ayrıca, ağ temelli analizler yalnızca teknik-taktik değerlendirmelerle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda rakip analizlerinde, oyuncu performansının değerlendirilmesinde ve hatta maç sonucunun öngörülmesinde de kullanılmaktadır (Gudmundsson & Horton, 2017). Ağ ölçütlerinin zamana bağlı değişimlerinin incelenmesi, oyunun ritmi ve evrimi hakkında daha derin bilgiler sunar (Yamamoto & Yokoyama, 2011). Bu bağlamda, ağ bilimi hem antrenörlerin karar alma süreçlerine katkı sağlamakta hem de performans biliminde yeni ufuklar açmaktadır.

Bu derleme çalışmasında, ağ biliminin futbol branşındaki uygulamaları kapsamlı biçimde ele alınacak, özellikle pas ağları, oyuncu merkezîyet analizi ve taktiksel örüntülerin belirlenmesi üzerine literatür temelli inceleme yapılacaktır.

PAS AĞLARI VE MOTİF ANALİZİ

Futbolda pas ağları, oyuncular arasındaki etkileşimleri yönlü ve ağırlıklı grafikler aracılığıyla modelleyerek takımın oyun yapısını ve stratejisini analiz etme imkânı sunar. Son çalışmalar, özellikle üçlü motiflerin (örneğin, üç oyuncu arasındaki paslaşma döngüleri) takımın hücum organizasyonlarını anlamada kritik rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, pas ağlarının zamansal dinamikleri incelenerek, takımın oyun içindeki evrimi ve stratejik geçişleri analiz edilebilir.

Futbolda Pas Ağları ve Motif Analizi

Futbol, oyuncular arasındaki etkileşimlerin karmaşık bir ağ yapısı oluşturduğu dinamik bir takım sporudur. Bu etkileşimleri anlamak ve analiz etmek için ağ bilimi yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Pas ağları, oyuncuların birbirleriyle olan paslaşmalarını temsil eden yönlü ve ağırlıklı grafiklerdir. Bu ağlar, takımın oyun yapısını, stratejisini ve oyuncuların rollerini anlamada

önemli bilgiler sunar (Clemente, 2020; Gudmundsson & Horton, 2017).

Pas Ağları ve Motiflerin Önemi

Pas ağları, takım içi iletişimi ve oyuncular arasındaki iş birliğini görselleştirir. Bu ağlarda, oyuncular düğümleri (nodes), paslar ise kenarları (edges) temsil eder. Ağın yapısı, takımın oyun tarzı hakkında ipuçları verir. Örneğin, merkeziyet ölçütleri (degree, betweenness, eigenvector centrality) kullanılarak hangi oyuncuların oyunun merkezinde yer aldığı belirlenebilir (Yamamoto & Yokoyama, 2011).

Motif analizi ise, ağ içinde sıkça tekrarlanan küçük alt yapıları (örneğin, üç oyuncu arasındaki pas kombinasyonları) inceleyerek takımın mikro düzeydeki etkileşimlerini ortaya koyar. Bu analiz, takımın oyun stratejileri ve oyuncuların karar alma süreçleri hakkında derinlemesine bilgiler sağlar (Sree, 2024).

Motif Türleri ve Taktiksel Anlamları

Üç oyuncu arasındaki pas motifleri, takımın oyun tarzını yansıtan önemli göstergelerdir. Aşağıda bazı yaygın üçlü pas motifleri ve bu motiflerin olası taktiksel anlamları özetlenmiştir:

Motif Türü	Açıklama	Taktiksel Anlamı
$A \rightarrow B \rightarrow C$	Doğrusal paslaşma	Hızlı hücum, doğrudan oyun
$A \rightarrow B \rightarrow A$	İkili ver-kaç	Oyuncular arası yakın iş birliği
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$	Üçlü döngü	Topa sahip olma ve kontrol

$A \rightarrow B \rightarrow C$	Ortak bağlantı noktası	Merkezi oyuncu üzerinden oyun kurma
$A \rightarrow B \rightarrow C$	Üçlü karşılıklı paslar	Yüksek iş birliği ve esneklik

Bu motiflerin analizi, takımın hangi oyuncular üzerinden oyun kurduğunu, hangi bölgelerde yoğunlaştığını ve nasıl bir paslaşma stratejisi benimsediğini anlamada yardımcı olur (Li, Xu, & Zhou, 2024). Li, Xu ve Zhou (2024), 3.199 maçtan elde edilen verilerle pas ağları oluşturmuş ve üçlü motiflerin maç sonucuyla ilişkisini incelemiştir. Araştırmalarında, ev sahibi takımların pas verimliliğinin daha yüksek olduğu ve ileriye dönük pas motiflerinin gol farkıyla pozitif yönde ilişkili olduğu bulunmuştur.

Håland ve diğ. (2020), Norveç liginde dört sezonluk veriler üzerinden farklı pas motiflerinin şutla sonuçlanma olasılıklarını değerlendirmiştir. Çalışma, daha fazla oyuncunun dâhil olduğu ve geniş alanlara yayılan motiflerin daha etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Uygulamalar ve Gelecek Perspektifleri

Pas ağı ve motif analizleri, antrenörler ve analistler için değerli araçlardır. Bu analizler sayesinde:

Oyuncuların takım içindeki rolleri ve etkileşimleri belirlenebilir.

Takımın güçlü ve zayıf yönleri tespit edilebilir.

Rakip takımların oyun stratejileri analiz edilebilir.

Antrenman ve maç stratejileri optimize edilebilir.

Gelecekte, yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu ile daha gelişmiş analizler mümkün olacaktır. Bu sayede, gerçek zamanlı karar destek sistemleri ve daha

hassas performans değerlendirmeleri gerçekleştirilebilir (Baouan, 2025; Gudmundsson & Horton, 2017).

MERKEZİYET ÖLÇÜTLERİ VE OYUNCU PERFORMANSI

Ağ bilimi, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkilerini belirlemek için çeşitli merkezîyet ölçütleri sunar. Örneğin:

Degree Centrality: Bir oyuncunun doğrudan bağlantı sayısını ölçer, yani kaç farklı oyuncuyla pas alışverişinde bulunduğunu gösterir.

Betweenness Centrality: Bir oyuncunun, diğer oyuncular arasındaki en kısa yollar üzerindeki konumunu belirler, bu da oyuncunun takım içindeki arabulucu rolünü yansıtır.

Eigenvector Centrality: Bir oyuncunun, etkili diğer oyuncularla olan bağlantılarını dikkate alarak genel etki düzeyini ölçer.

Bu ölçütler, oyuncuların sadece topa sahip oldukları anları değil, aynı zamanda top dışında yaptıkları katkıları da değerlendirmeye olanak tanır.

Futbolda ağ bilimi, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkileşimlerini anlamada önemli bir araçtır. Merkezîyet ölçütleri, oyuncuların pas ağlarındaki konumlarını ve etkilerini nicel olarak değerlendirmeye olanak tanır. Bu ölçütler, oyuncuların sadece topa sahip oldukları anları değil, aynı zamanda top dışında yaptıkları katkıları da değerlendirmeye yardımcı olur.

Temel Merkezîyet Ölçütleri

Ağ bilimi ve sosyal ağ analizinde merkezîyet ölçütleri, bir ağda bulunan düğümlerin (örneğin sporcular, oyuncular, kişiler veya noktalar) ne kadar önemli veya

merkezi olduğunu belirlemek için kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Merkeziyet ölçütleri, ağ yapısındaki önemli düğümleri tanımlamak ve ağ dinamiklerini anlamak için kritik öneme sahiptir. Aşağıda futbol analizinde sıkça kullanılan merkeziyet ölçütleri ve bu ölçütlerin taktiksel anlamları özetlenmiştir:

Merkeziyet Ölçütü, Açıklama ve Taktiksel Anlamı

Degree Centrality: Bir oyuncunun doğrudan bağlantı sayısı; yani kaç farklı oyuncuyla pas alışverişinde bulunduğu. Oyuncunun oyuna ne kadar dahil olduğunu gösterir.

Betweenness Centrality: Bir oyuncunun, diğer oyuncular arasındaki en kısa yollar üzerindeki konumu. Oyuncunun takım içindeki arabulucu rolünü yansıtır.

Closeness Centrality: Bir oyuncunun diğer tüm oyunculara olan ortalama mesafesi. Oyuncunun bilgi veya top akışını ne kadar hızlı sağlayabildiğini gösterir.

Eigenvector Centrality: Bir oyuncunun, etkili diğer oyuncularla olan bağlantılarını dikkate alarak genel etki düzeyini ölçer. Oyuncunun takım içindeki genel etki düzeyini gösterir.

Castellano & Echeazarra (2019), İspanya La Liga'da 36 maç üzerinden yaptıkları çalışmada, merkeziyet ölçütlerinin oyuncuların fiziksel talepleriyle ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Özellikle, orta saha oyuncularının yüksek degree ve betweenness centrality değerlerine sahip olduğu, bu oyuncuların hem pas alışverişinde hem de oyunun yönlendirilmesinde kritik roller üstlendiği belirlenmiştir. Clemente ve diğ. (2015), Portekiz Ligi'nde yaptıkları analizde, savunma oyuncularının yüksek closeness centrality değerlerine sahip olduğunu, bu durumun savunma oyuncularının topu hızlı bir şekilde diğer oyunculara aktarabilme yeteneklerini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Lamberts (2024), OBIS (Off-Ball Impact Score) adlı metriği geliştirerek, oyuncuların top dışında yaptıkları katkıları değerlendirmeye çalışmıştır. Bu metrik, degree, betweenness ve eigenvector centrality gibi ağ tabanlı ölçütleri birleştirerek, oyuncuların saha içindeki genel etkilerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etmeye olanak tanır.

Merkeziyet ölçütleri, antrenörler ve analistler için değerli bilgiler sunar:

Oyuncu Rol Belirleme: Merkeziyet değerleri, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkileşimlerini belirlemede yardımcı olur.

Taktiksel Ayarlamalar: Merkezi oyuncuların belirlenmesi, takımın oyun stratejisinin optimize edilmesine katkı sağlar.

Performans Değerlendirmesi: Oyuncuların merkeziyet değerleri, performanslarının objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

Transfer ve Scout Analizi: Merkeziyet ölçütleri, potansiyel transferlerin ve genç yeteneklerin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

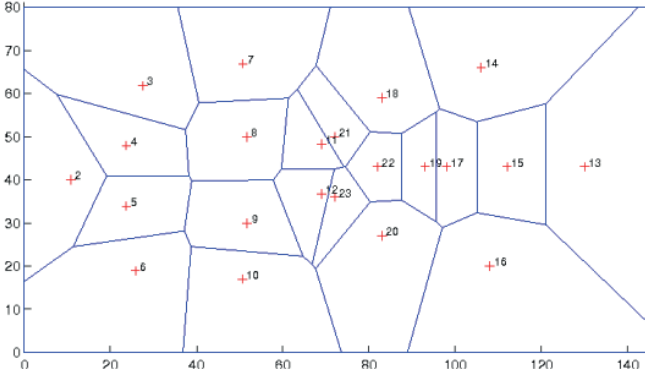
Oyuncu Pozisyon Analizi ve Formasyon Dinamikleri

Modern futbolda oyuncuların saha içindeki pozisyonları ve takımın formasyon düzeni, sadece başlangıç dizilişiyle sınırlı olmayıp oyunun temposuna, rakibe ve skora göre sürekli değişkenlik göstermektedir. Bu bağlamda, veri temelli analiz teknikleri ve ağ bilimi yöntemleri sayesinde, oyuncuların saha üzerindeki konumları ve bu konumların zamana bağlı evrimi daha objektif şekilde değerlendirilebilmektedir (Baouan, 2025; Clemente & Martins, 2022).

Oyuncu Pozisyonlarının Analizi

Oyuncuların maç boyunca ortalama konumlarının hesaplanması ve bu konumlara dayalı etkileşim ağlarının

oluşturulması, takımların taktiksel yapılarını analiz etmede önemli bir yaklaşımdır. Özellikle ısı haritaları ve Voronoi diyagramları gibi görsel analiz araçları, oyuncuların saha üzerindeki baskın bölgelerini göstermekte ve formasyonun ne ölçüde korunduğunu değerlendirmeye imkân tanımaktadır (Yamamoto & Yokoyama, 2011).



Şekil 1. Voronoi Diyagramı (Kim, 2004).

Şekil 1. başlangıç oluşumu için Voronoi diyagramını göstermektedir. Şekildeki sayılar oyuncuları temsil etmektedir. Örneğin, 2 ve 13 sırasıyla her takım için bir kaleciyi temsil eder. Topa karşılık gelen 1 rakamı burada kasıtlı olarak atlanmıştır.

Dinamik pozisyon analizleri ile oyuncuların sadece ortalama konumları değil, aynı zamanda topun nerede olduğu, takım arkadaşlarının konumu ve oyunun yönüne göre pozisyonlarının nasıl değiştiği de belirlenebilir (Baouan, 2025). Bu analizler, oyuncuların takım içindeki rol farklılaşmalarını, örneğin oyun kurucu mu yoksa geçiş oyuncusu mu olduklarını ayırt etmede etkili olmaktadır.

Formasyon Dinamikleri

Formasyon analizleri, takımın maçın farklı evrelerinde ne tür dizilimler kullandığını anlamaya yardımcı olur. Özellikle savunma, geçiş ve hücum fazlarındaki dizilim farklılıkları, antrenörlerin taktiksel tercihlerine ve oyunun akışına bağlı olarak değişir. Aşağıda, maçın çeşitli zaman dilimlerinde formasyon değişiklikleri ve bu değişimlerin taktiksel amaçları örneklenmektedir (Clemente & Martins, 2022):

Zaman Dilimi	Formasyon	Taktiksel Yorum
0–15 dk	4-3-3	Başlangıç presi, yüksek çizgi
15–30 dk	4-2-3-1	Orta saha yoğunluğu, oyun kontrolü
30–45 dk	3-5-2	Hücum varyasyonları, kenar etkinliği
45–60 dk	4-4-2	Dengeli yapı, alan savunması
60–75 dk	5-3-2	Skoru koruma, savunma bloklarının sıkıştırılması
75–90 dk	4-3-3	Gol arayışı, önde baskı

Formasyonun zamansal analizi ile oyuncuların saha içindeki pozisyonlarının nasıl dönüştüğü ve bu dönüşümün takıma getirdiği avantajlar detaylı biçimde değerlendirilebilir (Yamamoto & Yokoyama, 2011).

Pozisyonel analiz ve formasyon dinamiklerinin değerlendirilmesi, uygulamada birçok fayda sağlar:

Taktiksel Ayarlama: Maç boyunca formasyon değişimleri analiz edilerek, taktiksel müdahalelerin etkinliği değerlendirilebilir (Clemente & Martins, 2022).

Oyuncu Rollerinin Belirlenmesi: Farklı formasyonlardaki performans karşılaştırmalarıyla oyuncuların en uygun pozisyonları belirlenebilir.

Rakip Analizi: Rakibin formasyon değışikliklerine göre karşı stratejiler geliştirilebilir.

Antrenman Planlaması: Dönemsel formasyonlara göre özelleştirilmiş antrenman dizaynı yapılabilir.

SONUÇ

Futbol, dinamik ve karmaşık bir takım sporu olarak, oyuncular arasındaki etkileşimlerin ve takım stratejilerinin analizinde ağ biliminin sunduğu yöntemlerden büyük ölçüde faydalanmaktadır. Son yıllarda, ağ bilimi teknikleri, futbol takımlarının oyun yapıları, oyuncu rolleri ve performansları üzerine daha derinlemesine ve nicel analizler yapılmasına olanak tanımıştır.

Ağ Bilimi ve Futbol Taktikleri

Ağ bilimi, futbol takımlarının paslaşma ağlarını analiz ederek, takımın oyun yapısını ve oyuncuların rollerini anlamada önemli bir araç haline gelmiştir. Örneğın, Li, Xu & Zhou (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, 3'lü motif analizleri kullanılarak, ev sahibi takımların daha etkili paslaşma yapıları oluşturduğu ve bu yapıların gol farkı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu tür motif analizleri, takımın paslaşma stratejilerinin etkinliğini ve oyuncuların saha içindeki iş birliğini değerlendirmede önemli bilgiler sunmaktadır.

Oyuncu Roller ve Formasyon Dinamikleri

Oyuncuların saha içindeki pozisyonları ve rollerinin analizi, takımın taktiksel yapısını anlamada kritik bir öneme sahiptir. Baouan (2025) tarafından geliştirilen bir model, oyuncuların pozisyonlarını ve rollerini dinamik olarak analiz

ederek, takım formasyonlarının maç içindeki değişimlerini ve bu değişimlerin oyuncu performanslarına etkisini ortaya koymuştur. Bu tür dinamik analizler, antrenörlerin ve analistlerin maç stratejilerini daha etkili bir şekilde planlamalarına yardımcı olmaktadır.

Transfer Ağları ve Takım Başarısı

Futbol takımlarının transfer stratejileri, takımın genel performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Dieles, Mattsson & Takes (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, Avrupa futbol transfer piyasası bir ağ olarak modellenmiş ve takımların transfer ağındaki konumlarının, lig performansları ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Özellikle, transfer ağında yüksek merkezîyet değerlerine sahip takımların, liglerinde daha başarılı performans sergiledikleri gözlemlenmiştir.

Ağ bilimi, futbolun karmaşık doğasını anlamada ve analiz etmede güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Paslaşma motifleri, oyuncu rolleri, formasyon dinamikleri ve transfer ağları gibi farklı alanlarda yapılan analizler, takım stratejilerinin ve performanslarının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır. Gelecekte, bu tür analizlerin daha da geliştirilerek, antrenörlerin, analistlerin ve yöneticilerin karar alma süreçlerine entegre edilmesi, futbolun daha bilimsel ve veri odaklı bir yaklaşımla yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Baouan, A. (2025). Statistical analysis of team formation and player roles in football. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2502.03342>
- Castellano, J., & Echeazarra, I. (2019). Network-based centrality measures and physical demands in football regarding player position: Is there a connection? A preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2631–2638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1589919>
- Clemente, F. M. (2020). Performance analysis in team sports: Advances in research and practice. Routledge.
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., & Mendes, R. S. (2015). Using network metrics in soccer: A macro-analysis. *Journal of Human Kinetics*, 45, 123–134. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0013>
- Clemente, F. M., & Martins, F. M. L. (2022). Network analysis in sport: Applications and methodologies. Routledge.
- Dieles, T. J., Mattsson, C. E. S., & Takes, F. W. (2024). Identifying successful football teams in the European player transfer network. *Applied Network Science*, 9(65). <https://appliednetsci.springeropen.com/articles/10.1007/s41109-024-00675-7>
- Gudmundsson, J., & Horton, M. (2017). Spatio-temporal analysis of team sports. *ACM Computing Surveys*, 50(2), 1–34. <https://doi.org/10.1145/3054132>
- Håland, E., et al. (2020). Linking network motifs in football pass sequences to shot creation. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 16(2), 85–97. <https://doi.org/10.1515/jqas-2019-0097>
- Kim, S. (2004) “Voronoi Analysis of a Soccer Game”, *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 9(3), pp. 233–240.
- Lamberts, M. (2024). Quantifying off-ball contributions in football using network analysis: The Off-Ball Impact Score (OBIS). Medium. <https://marclamberts.medium.com/quantifying-off-ball-contributions-in-football-u->

- sing-network-analysis-the-off-ball-impact-score-efde-
e851f684
- Li, M.-X., Xu, L.-G., & Zhou, W.-X. (2024). Motif analysis and passing behavior in football passing networks. *Chaos, Solitons & Fractals*, 190, 115750. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2024.115750>
- Li, Y., Xu, Z., & Zhou, J. (2024). Study state dynamics of team passing networks in soccer games. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2408.07927>
- Newman, M. (2018). *Networks* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Passos, P., Milho, J., Fonseca, S., Borges, J., Araujo, D., & Davids, K. (2011). Interpersonal distance regulates functional grouping tendencies of agents in team sports. *Journal of Motor Behavior*, 43(2), 155–163. <https://doi.org/10.1080/00222895.2011.552078>
- Sree, K. (2024). Motif analysis and passing behavior in football passing networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129305>
- Yamamoto, Y., & Yokoyama, K. (2011). Common and unique network dynamics in football games. *PLOS ONE*, 6(12), e29638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029638>