



Research Article

Investigating the Performance Indicators Differentiating Winning and Losing in Basketball Through the Social Network Analysis

Mohammad Mehdi Kheirkhiz¹ , Behrouz Abdoli^{2*} , Lorenzo Laporta³ ,
Alireza Farsi⁴ 

1. Ph.D. Student in Motor Behavior, Department of Cognitive and Behavioral science and Technology in sport, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Professor in Motor Behavior, Department of Cognitive and Behavioral science and Technology in sport, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Professor in Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Santa Maria (Santa Maria, Brazil).
4. Professor in Motor Behavior, Department of Cognitive and Behavioral science and Technology in sport, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 14/04/2023, Accepted: 21/11/2023, Online Published: 28/11/2023

* Corresponding Author: Behrouz Abdoli, E-mail: b_abdoli@sbu.ac.ir

How to Cite: Kheirkhiz, M. M; Abdoli, B; Laporta, L; Farsi, A. R. Investigating the Performance Indicators Differentiating Winning and Losing in Basketball Through the Social Network Analysis. *Motor Behavior*, 17(59), 101-120. In Persian. Doi: 10.22089/mbj.2023.14645.2096

Extended Abstract

Background and Purpose

Communication among teammates in team sports exhibits complex characteristics that can be effectively explored using social network analysis (SNA). In basketball, five positions—Point Guard, Shooting Guard, Small Forward, Power Forward, and Center—are traditionally distinguished by players' physical attributes such as height and weight. However, modern coaching trends favor player versatility, allowing athletes more freedom to assume varied roles during gameplay. Social network analysis has emerged as a complementary tool to traditional scouting in team sports like soccer, offering rapid assessment of player interactions and an ecological overview of team and match dynamics that conventional analyses often lack. Importantly, SNA facilitates understanding of players' decision-making ability through metrics assessing their capacity to create (e.g., degree prestige) and locate (e.g., degree centrality) passing opportunities, thereby enhancing tactical comprehension.

The present study aimed to investigate key performance indicators distinguishing winning and losing outcomes in basketball through SNA at two analytical levels: micro-level metrics (degree centrality, closeness, betweenness, eigenvector centrality) and macro-level metrics (team density). Furthermore, this research examined differences between successful and unsuccessful team networks to identify factors underpinning competitive performance. The study provides a qualitative baseline describing player role expectations by position and establishes quantitative standards for measuring these metrics.



Methods

A men's basketball team competing in the 2019–20 Iranian Basketball Premier League was selected via convenience sampling. The roster included 12 players (mean age 24 ± 5 years) each with at least ten years of Premier League experience. Players were identified consistently by their shirt numbers, which remained unchanged throughout the season. Players were categorized into five positions consistent with their on-court roles: Point Guard, Shooting Guard, Small Forward, Power Forward, and Center.

The analysis encompassed 1,800 offensive phases across 24 matches. For each game, a comprehensive network was constructed based on player positions and ball movement. The linkage between teammates was operationalized as passes made during offensive sequences, considered as the network edges. Video analysis was employed to extract pass distribution data and performance indicators for each player position. Using this data, adjacency matrices representing the interactions between players were generated. These matrices were processed with Socnet software to calculate network measures and their corresponding criteria.

Results

Analysis showed significant differences in degree centrality indices between winning and losing weeks ($F(5,66) = 12.95$, $p=0.001$), as well as in eigenvector centrality ($F(5,66) = 7.77$, $p=0.025$), with both metrics higher during winning matches. However, no significant differences were detected in overall team network density when comparing successful and unsuccessful games ($p>0.05$). Focusing on the distinct influence of individual player performance on the broader team network, only degree centrality showed a significant disparity between successful and unsuccessful performances ($F=197.13$, $p=0.001$).

Conclusion

Coaches often categorize players by position to organize teams and assign roles and responsibilities effectively. This study's application of social network centrality metrics revealed that guards, particularly point guards, serve as pivotal facilitators establishing the greatest number of interactions with teammates during play. Typically, players tend to pass the ball to the team's most capable players, who then direct play by deciding the optimal subsequent passes.

Interestingly, no correlation was found between players' degree centrality and their points scored per game, suggesting that measures of success beyond scoring—such as decision-making impact and team facilitation—may be related to network position. A deeper understanding of passing behavior through social network metrics can thus assist coaches and players in refining strategies and identifying team vulnerabilities.

Overall, this research provides both qualitative and quantitative foundations regarding player roles across positions, contributing valuable insights into team dynamics measurement.

Keywords: Basketball, Performance Indicators, Social Network Analysis, Team Interactions

Article Message

This study highlights a significant association between the structure of player communication networks—characterized via social network analysis—and match outcomes (winning vs. losing) in basketball teams. Specifically, network measures such as degree centrality and eigenvector centrality significantly distinguish periods of winning and losing, illustrating that players in central, influential network positions critically shape team success by facilitating information flow and ball movement.

Ethical Considerations

the study was approved by the Research Ethics Committee of the Sport Sciences Research Institute (Approval Number IR.SSRI.REC.1401.1988).

Authors' Contributions

- Conceptualization: Mohammad Mehdi Kheirkhiz, Behrouz Abdoli
- Data Collection: Mohammad Mehdi Kheirkhiz
- Data Analysis: Mohammad Mehdi Kheirkhiz
- Manuscript Writing: Mohammad Mehdi Kheirkhiz, Behrouz Abdoli
- Review and Editing: Mohammad Mehdi Kheirkhiz, Behrouz Abdoli, Lorenzo Laporta, Alireza Farsi
- Funding Responsibility: Mohammad Mehdi Kheirkhiz
- Literature Review: Mohammad Mehdi Kheirkhiz, Behrouz Abdoli
- Project Management: Behrouz Abdoli

Conflict of Interest

the authors declare no commercial or financial conflicts of interest related to this study.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the cooperation of the participating players and coaching staff supporting this research





بررسی شاخص‌های عملکردی متمایزکننده پیروزی و شکست در بسکتبال از طریق تحلیل شبکه اجتماعی

محمد مهدی خیرخیز^۱، بهروز عبدلی^۲، لورنزو لاپورتا^۳، علیرضا فارسی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استاد گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استاد دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه فدرال سانتا ماریا، برزیل
۴. استاد گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰، تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

*نویسنده مسئول: بهروز عبدلی، ایمیل: b_abdoli@sbu.ac.ir

How to Cite: Kheirkhiz, M. M; Abdoli, B; Laporta, L; Farsi, A. R. Investigating the Performance Indicators Differentiating Winning and Losing in Basketball Through the Social Network Analysis. Motor Behavior, 17(59), 101-120. In Persian. Doi: 10.22089/mbj.2023.14645.2096

چکیده

ارتباط بین هم‌تیمی‌ها در ورزش‌های تیمی دارای ویژگی‌هایی است که می‌توان آن‌ها را با تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی بررسی کرد. هدف مطالعه حاضر بررسی شاخص‌های عملکردی متمایزکننده پیروزی و شکست از طریق تحلیل شبکه اجتماعی در دو سطح میکرو (درجه مرکزیت، نزدیکی، میان‌گذری، بردار ویژه) و ماکرو (چگالی تیمی) بود؛ بر این اساس، ۲۴ بازی تیم بسکتبال شیمیدر در رقابت‌های لیگ برتر بسکتبال ایران به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شد. این تیم متشکل از ۱۲ بازیکن با میانگین سن ۲۴ و انحراف معیار ± 5 بود که براساس شماره پیراهن شناسایی شدند. نتایج به‌دست‌آمده در هفته‌های منجر به پیروزی یا شکست تفاوت معناداری را بین شاخص‌های درجه مرکزیت ($F(5,66) = 12/95, P = 0/001$) و بردار ویژه ($F(5,66) = 2/77, P = 0/025$) نشان داد ($P < 0/05$). در تحلیل چگالی شبکه‌های موفق و ناموفق تفاوت معناداری بین شبکه‌های مختلف تیمی مشاهده نشد ($P > 0/05$). همچنین درمورد نقش متمایز عملکرد موفق و ناموفق و تأثیر آن بر شبکه کلی تیمی نتایج نشان داد که تنها در شاخص درجه مرکزیت ($F(2,69) = 197/13, P = 0/001$) اختلاف معنادار بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، در بسکتبال درجه مرکزیت به موفقیت عملکرد تیم کمک می‌کند؛ چراکه بازیکنان توپ را به بهترین پخش‌کننده تیم پاس می‌دهند و سپس آن بازیکن تصمیم می‌گیرد توپ را به سمت کدام بازیکن به بهترین شکل هدایت کند.

واژگان کلیدی: بسکتبال، شاخص عملکردی، تحلیل شبکه اجتماعی، تعاملات تیمی.



مقدمه

هدف از تجزیه و تحلیل عملکرد در ورزش، تعیین مهم‌ترین داده‌های آماری مربوط به بازی در طول رقابت با هدف بهبود عملکرد تیمی و افزایش دانش هر بازیکن درباره عملکرد فردی و تیمی است (۱). برای ارزیابی اجرای یک فرد یا یک تیم از شاخص‌های عملکردی استفاده می‌شود (۲). انتخاب شاخص‌های عملکردی مناسب به مربیان در شناخت تیم چه در سطح فردی و چه در سطح تیمی کمک می‌کند و مربیان برای ایجاد بهترین استراتژی تیمی و تصمیم‌گیری تاکتیکی منطقی باید از شاخص‌های عملکردی تعیین‌کننده در پیروزی و شکست مطلع باشند (۳، ۴). با توجه به تعیین سیزده شاخص آماری از سوی فدراسیون بین‌المللی بسکتبال که به طور رسمی در هر بازی ثبت می‌شود، اکثر تحقیقات مربوط به بسکتبال بر پایه تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها برای تمایز بین نتایج پیروزی و شکست بوده است (۷-۵).

نتایج تحقیقات گذشته نشان داد که توپ از دست رفته^۱ و ریباند^۲ دو شاخص آماری هستند که بیشترین تمایز را بین موفقیت تیم‌ها ایجاد می‌کنند. احتمالاً توپ از دست رفته فرصت‌های بیشتری برای حریف فراهم می‌کند تا با توپ‌ربایی^۳ و با یک حمله سریع منجر به برتری نفری نسبت به تیم دفاعی شود. به طور مشابه، ریباندهای حمله شانس مجد به‌منظور کسب امتیاز برای تیم مهاجم ایجاد می‌کند (۹، ۸). ترننیک و همکاران تفاوت بین عملکرد تیم‌ها در پیروزی و شکست در مسابقات نهایی قهرمانی بسکتبال باشگاه‌های اروپا از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰ را تجزیه و تحلیل کردند. آن‌ها دریافتند ریباندهای دفاعی، درصد گل‌زنی و درصد پرتاب آزاد عوامل مهمی در پیروزی هستند (۱۰). دیگر محققان دریافتند ریباند دفاعی عامل اصلی است که تیم‌های برنده و بازنده را در بسکتبال متمایز می‌کند (۱۲، ۱۱). لیدور و آرنون نشان دادند که پیروزی تنها با شوت به سمت حلقه توصیف نمی‌شود و یک تیم باید سطح بالایی در ریباند و پاس منجر به گل از خود نشان دهد. آن‌ها همچنین بین تعداد کل ریباند و تعداد امتیازات تیم، بین درصد گل‌زنی و تعداد پاس گل همبستگی معناداری را نشان دادند (۱۳). علاوه بر این، عملکرد بازیکنان نیمکت‌نشین را می‌توان یکی از عوامل تعیین‌کننده پیروزی در بسکتبال حرفه‌ای دانست. تحقیقات نشان داد، بازیکنان نیمکت‌نشین می‌توانند سهم اساسی در پیروزی تیم مخصوصاً برای تیم‌های دارای رتبه بالا در جدول مسابقات داشته باشند (۱۴)؛ بنابراین امتیازات کسب‌شده توسط بازیکنان نیمکت‌نشین می‌تواند یکی دیگر از عوامل متمایزکننده پیروزی و شکست باشد (۱۴).

از طرف دیگر، تیم ورزشی گروهی از افراد در نظر گرفته می‌شود که با همکاری یکدیگر برای رسیدن به یک هدف مشترک تلاش می‌کنند (۱۵). عملکرد تیمی بیش از مجموع عملکردهای فردی وابسته به هم است؛ زیرا افراد در تلاش‌اند تا بین نقش‌ها و وظایف مختلف هماهنگ شوند (۱۶). همان‌طور که پیش‌تر هدف از تحلیل عملکرد در ورزش بهبود عملکرد تیم و افزایش دانش هر بازیکن نسبت به عملکرد خود و هم‌تیمی‌ها عنوان شد، تنها بررسی شاخص‌های آماری از بازی نمی‌تواند نشان‌دهنده درک بازیکنان از هماهنگی تیمی و همچنین تمایزکننده بین پیروزی و شکست باشد؛ بنابراین به وجود شاخص‌هایی نیاز است تا با بررسی آن شاخص‌ها بتوان در کنار بررسی عملکرد فردی، به نقش هماهنگی تیمی در تمایز بین پیروزی و شکست تیم‌ها پرداخت.

در ورزش‌های تیمی تمام بازیکنان در یک تیم موفق به‌عنوان یک واحد منسجم عمل می‌کنند و منجر به ایجاد هم‌افزایی^۴ تیمی می‌شود که در آن رفتار یک بازیکن بر الگوی رفتاری تیم و برعکس تأثیر می‌گذارد (۱۸، ۱۷)؛ چراکه رفتار تیمی یک سازمان جمعی است که از همکاری بین هم‌تیمی‌ها ناشی می‌شود (۱۹). ظهور چنین رفتارهای جمعی را می‌توان از

1. Turnover
2. Rebound
3. Steal
4. Synergy

طریق اندازه‌گیری ویژگی‌های کلیدی هم‌افزایی مانند دیجنریسی^۱ (مؤلفه‌های ساختاری متفاوت که عملکرد مشابه اما نه لزوماً یکسان دارند) در یک زمینه معین ارزیابی و درک کرد (۱۸). دیجنریسی رفتار تیم به‌عنوان یک ویژگی روابط اجتماعی را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی^۲ (SNA) بررسی کرد (۱۹).

تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی ابزار مفیدی برای تجزیه و تحلیل تعاملات بین افراد در سطوح مختلف از ارتباطات دو نفره تا کل نفرات است و می‌تواند اساساً در هر موقعیتی که شامل روابط گروهی می‌شود، اعمال شود. این تطبیق‌پذیری شبکه‌های اجتماعی برای بسیاری از محققان که سؤالات مختلف را مطالعه می‌کنند، ارزشمند است. یکی از زمینه‌هایی که به‌راحتی می‌توان آن را به‌عنوان یک شبکه اجتماعی در نظر گرفت، ورزش‌های گروهی است. براساس این دیدگاه، هر بازی یا مسابقه را می‌توان به‌عنوان یک شبکه وزن‌دار و هدایت‌شده کدگذاری کرد که در سطح تیم هر بازیکن یک گره محسوب می‌شود و مسیرها یا ارتباطات بین بازیکنان از طریق مسیرهای حرکت توپ و پاس‌کاری بین آن‌ها لبه‌ها را شکل می‌دهد. در ورزش‌های تیمی توپی همچون بسکتبال برآیند عملکرد دو تیم در رفتار توپ بروز می‌کند و از طرف دیگر، رفتار توپ نیز به‌عنوان یک قید اطلاعاتی عمل می‌کند که عملکرد را مقید می‌کند؛ پس به نظر می‌رسد بتوان از طریق بررسی رفتار توپ در تیم مالک توپ برآیندی از رفتارهای سینرژیک در آن تیم را تفسیر کرد (۲۰). علاوه بر این، SNA اطلاعاتی درمورد توانایی تصمیم‌گیری بازیکنان در یافتن امکان پاس بین هم‌تیمی‌ها فراهم می‌کند که منجر به افزایش درک پویایی تاکتیکی تیم می‌شود. تحقیقات ابتدایی در زمینه استفاده از نظریه شبکه‌های اجتماعی در تحلیل عملکرد تیمی در ورزش به نشان دادن الگوهای ارتباطی بین بازیکنان از طریق مسیر انتقال توپ بین آن‌ها محدود می‌شد (۲۲).

(۲۱). در تحقیقات بعدی محققان به بررسی ارتباط بین ویژگی‌های شبکه اجتماعی شکل‌گرفته و شاخص‌های موفقیت تیمی پرداختند. باتوجه به نتایج، بین چگالی گراف تیمی و میزان موفقیت تیمی ارتباط مستقیم و همچنین بین میزان مرکزیت تیمی و میزان موفقیت تیمی ارتباط معکوس وجود داشت (۲۴، ۲۳، ۱۸). در ادامه، محققان تلاش کردند تا رفتار یک شبکه تیمی را از طریق پارامترهای تعریف‌شده در نظریه شبکه‌های اجتماعی کمی کنند. مهم‌ترین این شاخص‌ها شامل شاخص نزدیکی^۳، میان‌گذری^۴ و چگالی^۵ شبکه است. تحقیقات گذشته به بررسی ارتباط این پارامترها با ضریب موفقیت تیمی پرداخته‌اند و نشان داده‌اند بین این شاخص‌ها و شاخص‌های موفقیت تیمی همبستگی وجود دارد (۲۶، ۲۵)؛ با این حال، تجزیه و تحلیل شبکه تصویری کلی از وقایع در طی یک دوره زمانی خاص از عملکرد تیمی ارائه می‌دهد که به طور معمول ترکیبی از عملکرد پیروزی و شکست تیم در همان تجزیه و تحلیل را شامل می‌شود؛ بنابراین ارتباط بین خصوصیات شبکه در تفاوت بین عملکرد در پیروزی و شکست تیمی ناشناخته است. به همان اندازه که نقش بازیکن در پیروزی تیم مهم است، باید نقش بازیکن را زمانی که نتایج تیم مطلوب نیست، بررسی کرد. درواقع ساده‌انگاری است، ویژگی‌های شبکه را که به پیروزی منجر می‌شود، به همان اندازه به شبکه‌هایی که به شکست می‌انجامد انتقال داد. از سوی دیگر، محققان به دنبال بررسی این سؤال هستند که آیا متغیرهای شبکه می‌توانند پیش‌بینی‌کننده رفتارهای یک شبکه تیمی باشند؟ به‌عبارتی آیا شاخص‌های شبکه تعیین‌کننده یک رفتار موفقیت‌آمیز در تیم یا برعکس تعیین‌کننده رفتار ناموفق هستند؟ آیا تیم‌ها باید از رفتارهایی اجتناب کنند که منجر به عملکرد ناموفق می‌شود یا اینکه باید رفتارهای مثبت خود را ارتقا ببخشند؟ علاوه بر شاخص‌های ذکرشده، نقش شاخص‌های مهمی مانند درجه مرکزیت^۶ به‌عنوان سطح

1. Degeneracy
2. Social Network Analysis
3. Closeness
4. Betweenness
5. Density
6. centrality

تعامل یک بازیکن با سایر هم‌تیمی‌ها و همچنین بردار ویژه^۱ به‌عنوان سهم هر بازیکن در عملکرد تیمی در تمایز بین پیروزی و شکست در بازی باید بررسی شود. همان‌طور که قبل‌تر بیان شد، از طریق آمار انفرادی بازیکنان، تمایز بین پیروزی و شکست در بسکتبال بررسی شده است، اما تاکنون تحقیقی به بررسی تمایز بین پیروزی و شکست از طریق شاخص‌های هماهنگی تیمی بین بازیکنان در بسکتبال نپرداخته است؛ از این‌رو هدف اول تحقیق حاضر، بررسی عوامل دخیل در پیروزی و شکست از طریق تعاملات بین بازیکنان بسکتبال با کمک شاخص‌های شبکه اجتماعی بود. از سوی دیگر هدف دوم تحقیق حاضر، بررسی ارتباط بین معیارهای شبکه در تفاوت بین عملکرد موفق و ناموفق تیمی در موقعیت حمله و باتوجه به پست بازیکنان در زمین بسکتبال بود.

روش پژوهش

مسابقات رسمی تیم بسکتبال شیمیدر تهران در رقابت‌های لیگ برتر بسکتبال ایران به صورت نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شد. تیم متشکل از ۱۲ بازیکن با میانگین سن ۲۴ و انحراف معیار ± 5 بود که شناسایی آن‌ها براساس شماره پیراهن صورت گرفت. بعد از شناسایی، بازیکنان براساس موقعیت قرارگیری در زمین در پنج پست پوینت گارد^۲، شوتینگ گارد^۳، اسمال فوروارد^۴، پاور فوروارد^۵ و سنتر^۶ قرار گرفتند. تعداد کل بازی‌ها در طول یک فصل (۲۴ مسابقه) و در مجموع ۱۸۰۰ فاز حمله بررسی شد. پس از مشاهده فیلم تمامی مسابقات، برای هر بازی یک شبکه کلی استخراج و موقعیت حرکتی بازیکنان در شبکه لحاظ شد. فرایند انجام مطالعه حاضر به تأیید کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

با کد IR. SSRI. REC. 1401.1988 رسید.

بازیکنان شروع‌کننده در هر بازی براساس موقعیت قرارگیری آن‌ها در زمین از شماره ۱ تا ۵ نام‌گذاری شدند: بازیکن شماره ۱ (پوینت گارد)؛ بازیکن شماره ۲ (شوتینگ گارد)؛ بازیکن شماره ۳ (اسمال فوروارد)؛ بازیکن شماره ۴ (پاور فوروارد)؛ بازیکن شماره ۵ (سنتر) (شکل ۱).



1. Eigenvector
2. Point guard
3. Shooting Guard
4. Small forward
5. Power forward
6. Center

شکل ۱- موقعیت قرارگیری بازیکنان در زمین بسکتبال

Figure 1- Strategic organization of the basketball team analyzed

تمامی بازیکنان تیم که در جریان بازی به عنوان یار تعویضی در زمین قرار گرفتند، طبق موقعیت قرارگیری شماره مدنظر به آن‌ها تعلق گرفت. در تجزیه و تحلیل شبکه تعریف فرایندهای ارتباطی بین بازیکنان ضروری است. در این مطالعه مشارکت فردی بازیکنان در فاز حمله به وسیله انتقال توپ (پاس بین بازیکنان) به عنوان شاخص ارتباطی بین هم تیمی‌ها تعریف شد. فاز حمله شامل تمام پاس‌های متوالی می‌شود که بین بازیکنان بدون از دست دادن توپ رد و بدل شده و از زمان بازپس‌گیری مالکیت توپ تا زمان از دست دادن آن تعریف می‌شود. مالکیت یعنی کنترل فیزیکی توپ توسط یک تیم که معمولاً به آن تیم فرصت گل‌زنی می‌دهد (۲۷). داده‌های هر فاز تهاجمی یک مسیر پی در پی ایجاد می‌کند. در طول بازی، مسیرهای تجمعی به عنوان گره در نظر گرفته شد تا نمودار وزنی حرکت توپ را ترسیم کند که در آن موقعیت بازیکنان به عنوان گره و حرکت توپ بین آن گره‌ها به عنوان لبه‌ها در نظر گرفته شد. در ورزش‌های تیمی، نمودارهای وزنی قدرت تعامل بین هم تیمی‌ها را نشان می‌دهند. برای ترسیم این نمودارها اطلاعات مربوط به توزیع پاس‌ها و شاخص‌های عملکردی هر پست از طریق تحلیل فیلم استخراج شد. شاخص‌های عملکردی شامل فاکتورهای امتیازآوری، تعداد پرتاب‌های آزاد (موفق/ ناموفق)، تعداد شوت‌های دوامتیازی و سه‌امتیازی (موفق/ ناموفق) و همچنین فاکتور کمک‌کننده، پاس منجر به گل، توسط نرم‌افزار Fiba Live State استخراج و ماتریکس مجاورت برای هر بازیکن ایجاد شد. ماتریکس مجاورت نشان می‌دهد که چگونه رأس یک شبکه (یک بازیکن) با رؤس باقی‌مانده شبکه (هم تیمی‌ها) در ارتباط است. امتیازات بازیکنان ماتریکس مجاورت شامل یک شبکه $n \times n$ از تمام بازیکنانی است که در فاز هجومی مشارکت کردند (۲۸) (جدول ۱). ماتریکس‌های مجاورت برای محاسبه شبکه‌ها و معیارهای آن‌ها وارد نرم‌افزار ساکن^۱ شد.

جدول ۱- نمونه ماتریکس مجاورت در هر فاز حمله

Table 1- Example of adjacency matrix per each offensive phase

موقعیت بازی Position	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0

مشاهده و کدگذاری ماتریکس مجاورت توسط سه مربی بسکتبال با مدرک کارشناسی ارشد تربیت‌بدنی با حداقل ۱۰ سال سابقه مربیگری بسکتبال انجام شد (۲۹). ضریب پایایی درون و بین مشاهده‌گر برای اطمینان از کیفیت داده‌های مشاهده‌شده در متغیرهای شبکه محاسبه شد. بدین منظور ۸ بازی (۳۳/۳۳ درصد) ارزیابی مجدد شد و ضریب همبستگی

1. Socnet

درون طبقاتی برای پایداری درون و بین مشاهده‌گر به ترتیب برابر با ۰/۹۹۸ و ۰/۹۷۱ به دست آمد. برای بررسی فرضیه نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک^۱ و به‌منظور همگن‌سازی واریانس‌ها از آزمون لون^۲ استفاده شد. از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای تجزیه و تحلیل متغیرهای شبکه با توجه به موقعیت‌های مختلف بازیکنان و همچنین بررسی شبکه‌های موفق و ناموفق تیمی از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد. سطح معناداری ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد.

براساس نظریه گراف رفتارهای تیمی در بسکتبال را می‌توان با توجه به وجود ماتریکس‌های وزنی (میزان تأثیرگذاری هر بازیکن در شبکه) در دو سطح میکرو شامل درون بازیکنی (درون گره) و سطح ماکرو (شبکه‌های گروهی) بررسی کرد (۳۰). در ورزش‌های تیمی، مرکزیت گره پرکاربردترین معیار شبکه است که براساس انتقال توپ بین بازیکنان در نظر گرفته می‌شود (۳۲، ۳۱). در بسکتبال نحوه شکل‌گیری هماهنگی تیمی بسیار مهم است. هر بازیکن بسته به موقعیت قرارگیری در زمین بازی و وظایفش، میزان نقش او در هماهنگی تیم و نحوه تعامل هر بازیکن با سایر بازیکنان، اطلاعات ارزشمندی را برای مربیان و تحلیلگران بسکتبال ارائه می‌دهد. در تحقیق حاضر چهار معیار مرکزی برای بررسی اهمیت هر گره در شبکه در نظر گرفته شد:

تحلیل شبکه تیم‌های بسکتبال در سطح میکرو

نظریه گراف چهار ویژگی برای بررسی میزان اهمیت مرکزیت هر گره در شبکه تعریف می‌کند:

۱. درجه مرکزیت^۳: سطح فعالیت یک بازیکن در تعامل با سایر هم‌تیمی‌ها می‌تواند توسط درجه مرکزیت (DC) یک گره کانونی در یک نمودار ثبت شود. در این حالت فقط ارتباط گره/بازیکن با بازیکن مجاور در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین این سطح از تحلیل، تحلیل منطقه‌ای از مرکزیت گره است. با توجه به ماهیت هدایت‌شده تعاملات، درجه مرکزیت به دو دسته درون درجه یعنی تعداد بازیکنانی که توپ را به بازیکن کانونی پاس می‌دهند و برون درجه یعنی تعداد بازیکنانی که بازیکن کانونی توپ را به آن‌ها پاس می‌دهد، اندازه‌گیری می‌کند. از درجه مرکزیت برای تعیین کمیت نسبی هر پخش‌کننده بر تعداد کل پاس‌های یک شبکه استفاده شد (۳۳).

۲. میان‌گذری^۴: این شاخص مرکزی می‌تواند برای این سؤال که آیا بازیکنان در زمین نقش واسطه‌ای ایفا می‌کنند، پاسخی فراهم کند (۳۳). میان‌گذری (BC) نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که یک گره، دو گره دیگر را با کوتاه‌ترین مسیر ممکن به هم وصل می‌کند. در تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی، بازیکنانی که امتیازات میان‌گذری بیشتری دارند، معمولاً کنترل بیشتری بر جریان انتقال توپ بین بازیکنان دیگر در همان شبکه دارند. براساس داده‌های به‌دست‌آمده از جریان پاس بین بازیکنان در بسکتبال، فرض شد بازیکنان با امتیازات میان‌گذری بیشتر ممکن است به‌عنوان پل ارتباطی در بین هم‌تیمی‌های خود برای رسیدن به هدف باشند؛ به عنوان مثال، بازیکنی با امتیاز میان‌گذری بالا می‌تواند بازیکن کلیدی در انتقال پاس به دیگران در نظر گرفته شود؛

1. Shapiro-Wilk's Test

2. Levene's Test

^۳. Centrality degree (v_i) = $\sum_j a_{ij}$

در فرمول بالا، i گره کانونی (بازیکن مرکزی)، j تمام گره‌های دیگر (سایر بازیکنان تیم)، N تعداد کل گره‌ها (کل بازیکنان) و a ماتریکس مجاورت است. در این ماتریکس a_{ij} اگر گره i به گره j متصل شود عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ تعلق می‌گیرد (مطابق جدول ۱).

^۴. Betweenness $i = \frac{gst(i)}{gst}$

در فرمول بالا، gst تعداد کوتاه‌ترین مسیرها بین گره‌های s و t است و $gst(i)$ تعداد پاس‌هایی است که i به‌عنوان گره واسطه از آن عبور می‌کند.

۳. نزدیکی^۱: نزدیکی (CC) یک شاخص اندازه‌گیری از مرکزیت است که طول کوتاهترین مسیر بین گره کانونی و تمام گره‌های دیگر را در نظر می‌گیرد (۳۳). این معیار همچنین می‌تواند به عنوان شاخصی از توانایی یک بازیکن برای ارسال پاس به سایر بازیکنان در شبکه تعبیر شود. علاوه بر این، با تجزیه و تحلیل پیش‌بینی مسیر پاس می‌توان مسافت (با اندازه‌گیری تعداد مطلق پاس‌ها) بین بازیکن کانونی و یک رویداد موردعلاقه را ثبت کرد (۳۴)؛ به عنوان مثال، کدام بازیکنان به طور مستقیم در شوت به سمت سبد یا کمک به بازیکنان هم تیمی نقش دارند؛

۴. بردار ویژه^۲: یک بازیکن می‌تواند به طور مستقیم (به ثمررساندن گل) یا غیرمستقیم (پاس دادن) به عملکرد تیم و هم تیمی‌های خود کمک کند. از شاخص بردار ویژه (Eig) می‌توان برای ارزیابی سهم هر بازیکن در عملکرد تیم و اینکه چگونه هر گره در یک لحظه معین بر گره‌های مجاور خود تأثیر می‌گذارد، استفاده کرد (۳۵). بردار ویژه نه تنها تعداد اتصالات یک گره (یعنی درجه آن) را در نظر می‌گیرد، بلکه میزان گره‌هایی را که به آن وصل می‌شود نیز در نظر می‌گیرد. تحلیل شبکه تیم‌های بسکتبال در سطح ماکرو چگالی^۳:

چگالی به هم پیوستگی گره‌ها (بازیکنان) در یک شبکه (تیم) است و رابطه بین پیوندهای موجود (پاس) بین هم تیمی‌ها نسبت به تعداد پیوندهای ممکن بین گره‌ها تعریف شده است (۳۶). چگالی برآوردی از قدرت تعاملات درون تیمی ارائه می‌دهد. در تئوری نمودار، چگالی نمودار (جهت‌دار) نسبت حداکثر پیوندهای ممکن بین گره‌ها است (۳۷).

نتایج

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در هفته‌های منجر به پیروزی یا شکست تفاوت معناداری را بین شاخص‌های مرکزی $dc: (F(5,66)=12/95, P=0/000)$ و $Eig: (F(5,66)=2/77, P=0/025)$ نشان داد ($P<0/05$) (جدول ۲).

جدول ۲- تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در پیروزی یا شکست

Table 2- Repeated Measure ANOVA in winning or losing

نام متغیر	جمع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	آماره F	معناداری Sig	مربع اتای جزئی Partial Eta Squared
Eig بردار ویژه	3.454	5	0.691	2.77	0.025	0.17
Cc نزدیکی	1433.68	5	286.73	2.29	0.056	0.14

$$Closeness(v_i) = \left[\sum_{j=1}^N distance(i, j) \right]^{-1} \quad 1.$$

در فرمول بالا، v_i مجموع معکوس کوتاه‌ترین فاصله، (i, j) فاصله تمام گره‌ها (j) ، از گره کانونی (i) ، یا مدت زمانی است که اطلاعات از یک گره معین به سایر گره‌ها پخش می‌شود.

$$Eigenvector\ x_i = \lambda - 1 \sum_j A_{ij} \quad 2.$$

در فرمول بالا، A ماتریکس مجاورت (نامتقارن) گراف است که عناصر آن A_{ij} هستند و x برداری است که عناصر آن x_i و λ یک عدد ثابت (اندازه بردار) است.

$$\Delta = \frac{L}{n(n-1)} \quad 3.$$

در چگالی نمودار، Δ به عنوان نسبت بین کل پیوندهای ثبت شده (L) و حداکثر تعداد اتصالات ممکن $n(n-1)$ تعریف می‌شود.

رفتار حرکتی، بهار ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۵۹

0.07	0.402	1.03	6.630	5	33.15	Bc میان‌گذری
0.49	0.000	12.95	841.31	5	4206.59	Dc درجه مرکزیت

سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

به‌منظور بررسی نقش متمایز عملکرد موفق و ناموفق و تأثیر آن بر شبکه کلی تیمی، نتایج تجزیه و تحلیل شد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که تنها در شاخص $dc: (2,69)=197/13, P=0/000$ اختلاف معنادار است و در متغیرهای Eig، cc و bc اختلاف معنادار نیست. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در شاخص dc اختلاف معناداری را بین شبکه موفق با شبکه کلی و شبکه موفق با شبکه ناموفق نشان داد ($P=0/001$) (جدول ۳). این اختلاف معنادار در شاخص مرکزیت نشان می‌دهد که این شاخص به‌عنوان یک پارامتر تعیین‌کننده در تمایز بین عملکرد موفق و ناموفق است.

جدول ۳- تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر در عملکرد موفق و ناموفق

Table 3- Repeated Measure ANOVA in successful and unsuccessful performance

نام متغیر	جمع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	آماره F	معناداری Sig	مربع اتای جزئی Partial Eta Squared
Eig بردارویژه	0.45	2	0.22	0.80	0.45	0.02
Cc نزدیکی	243.87	2	121.93	0.89	0.41	0.02
Bc میان‌گذری	22.09	2	11.04	1.76	0.17	0.04
Dc درجه مرکزیت	7226.78	2	3613.39	197.13	0.00	0.85

سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

در تحلیل چگالی شبکه‌های موفق و ناموفق در سطح ماکرو تفاوت معناداری بین شبکه‌های مختلف تیمی مشاهده نشد ($P>0/05$) (جدول ۴).

جدول ۴- چگالی در شبکه‌های تیمی

Table 4- Density in team networks

نام متغیر	جمع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Square	آماره F	معناداری Sig	مربع اتای جزئی Partial Eta Squared
چگالی شبکه کلی Density overall	0.000 ^a	1	0.000	0.68	0.416	0.030

0.070	0.211	1.65	0.003	1	0.003 ^b	چگالی شبکه موفق Density successful
0.094	0.145	2.28	0.003	1	0.003 ^c	چگالی شبکه ناموفق Density unsuccessful

سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

به منظور بررسی نقش متمایز عملکرد موفق و ناموفق و تأثیر آن بر شبکه کلی تیمی باتوجه به موقعیت بازی بازیکنان، نتایج تجزیه و تحلیل شد. در شبکه ناموفق تفاوت معناداری بین شاخص‌های (F (۴,۱۵) = ۴۲/۹۱, P = ۰/۰۰۰), dc: (F (۴,۱۵) = ۴۱/۹۵, P = ۰/۰۰۰), bc: (F (۴,۱۵) = ۶۲/۲۸, P = ۰/۰۰۰), cc: (F (۴,۱۵) = ۱/۰۳, P = ۰/۳۹۲) اما در شاخص dc, bc, cc تفاوت معناداری مشاهده نشد. پس از مشخص شدن تفاوت معنادار بین سه شاخص dc, bc, cc نتایج آزمون تعقیبی توکی برای نشان دادن تفاوت بین موقعیت‌های مختلف در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵- شبکه ناموفق، میانگین تفاوت‌ها (md)

Table 5- Unsuccessful network: md: Mean Difference

Cc نزدیکی	Bc میان‌گذری	Dc درجه مرکزیت	شاخص شبکه Index of Network	
Md	Md	Md	موقعیت بازیکن Position	
1.19*	13.85*	13.95*	2	1
1.34*	13.97*	20.50*	3	
1.27*	14.60*	16.33*	4	
1.28*	15.43*	21.70*	5	
0.15	0.12	6.54*	3	2
0.08	0.75	2.37	4	
0.09	1.58	7.75*	5	
-0.07	0.62	-4.16	4	3
-0.06	1.45	1.20	5	
0.015	0.83	5.37*	5	4

سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

از طرف دیگر، نتایج شبکه موفق تفاوت معناداری بین شاخص‌های (F (۴,۱۵) = ۲۳/۱۴, P = ۰/۰۰۰), dc: (F (۴,۱۵) = ۰/۷۳۶, P = ۰/۵۶۹) و bc: (F (۴,۱۵) = ۰/۹۳۳, P = ۰/۴۴۸) اما بین شاخص‌های (F (۴,۱۵) = ۰/۷۳۶, P = ۰/۵۶۹) و cc: (F (۴,۱۵) = ۰/۹۳۳, P = ۰/۴۴۸) تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج آزمون تعقیبی در شاخص‌های dc, bc تفاوت معناداری را بین بازیکن موقعیت ۱ (PG) با تمامی بازیکنان در موقعیت‌های دیگر نشان داد (P = ۰/۰۰۰) که نشان‌دهنده اهمیت این موقعیت به عنوان پل ارتباطی در بین بازیکنان یک تیم برای رسیدن به نتیجه است، اما بین بازیکنان موقعیت‌های ۲, ۳, ۴, ۵ از زمین بازی با یکدیگر تفاوت مشاهده نشد (P > ۰/۰۵) (جدول ۶).

جدول ۶- شبکه موفق، میانگین تفاوت‌ها (md)

Table 6- Successful network: md: Mean Difference

Bc میان‌گذری	Dc درجه مرکزیت	شاخص شبکه Index of Network	
Md	Md	موقعیت بازی	

Md	Md	Position
11.32*	9.87*	2
12.18*	11.46*	3
14.26*	11.29*	4
14.46*	13.20*	5
.86	1.79	3
2.93	1.41	4
3.13	3.33	5
2.07	-. 37	4
2.27	1.54	5
.20	1.91	5

سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

پس از بررسی آمار بازیکنان در طول فصل، نتایج نشان داد که بازیکنان موقعیت ۱ (PG) بیشترین آمار پاس گل در طول فصل را در اختیار داشته‌اند، اما میانگین بیشترین امتیاز در هر بازی مربوط به بازیکنان موقعیت ۳ (SF) در طول فصل است (جدول ۷).

جدول ۷- آمار توصیفی امتیاز و پاس منجر به گل

Table 7- descriptive statistic: score and assist

پست بازیکن Position	مجموع امتیاز Sum of Score	مجموع پاس گل Sum of Assist
1	238	182
2	267	52
3	632	151
4	503	48
5	232	20

بحث و نتیجه‌گیری

ویژگی‌های شبکه مانند چگالی و مرکزیت به‌عنوان توصیف‌کننده‌های خوبی برای سبک بازی در ورزش‌های تیمی گزارش شده‌اند؛ زیرا می‌توانند با معیارهای موفقیت مانند گل‌های زده‌شده و شوت‌های به سمت دروازه که تیم‌ها به آن دست یافته‌اند، مرتبط باشند. در این مطالعه تلاش شد ارتباط بین شاخص‌های شبکه و رفتار تیم در موقعیت‌های پیروزی و شکست روشن شود. در تحقیق حاضر نقش بازیکن پست گارد به‌عنوان موقعیتی مشاهده شد که بیشترین تعاملات را با بازیکنان هم تیمی در طول رقابت برقرار می‌کند و سازمان‌دهی روند حمله را بر عهده دارد. نتایج تحقیق حاضر هم‌راستا با مطالعات قبلی است (۳۸، ۸). با توجه به نتایج شاخص مرکزیت در بازیکن دریافت‌کننده توپ نسبت به بازیکنی که توپ را بین هم تیمی‌ها پاس می‌دهد، تنوع بیشتری وجود دارد و منعکس‌کننده این موضوع است که بازیکنان توپ را به بهترین پخش‌کننده تیم پاس می‌دهند و سپس آن بازیکن تصمیم می‌گیرد توپ را به سمت کدام بازیکن به بهترین شکل هدایت کند (۳۹). براساس تحقیقات دیامبرا در بسکتبال، بازیکنانی که بیشترین امتیاز را کسب می‌کنند، معمولاً دارای بالاترین درجه مرکزیت نیستند (۴۰)؛ بنابراین نتایج این مطالعه با تحقیق مذکور همخوانی دارد؛ چراکه براساس داده‌های عملکرد درون تیمی بازیکنی که بیشترین پاس گل را صادر می‌کند، در مرکز شبکه قرار دارد، اما از طرفی بازیکنی که بیشترین امتیاز را در تیم کسب می‌کند، از نظر شاخص مرکزیت نمره بالایی ندارد. این نتایج نشان می‌دهد که تیم به اتصال دو نفره خاصی که تمام نقش‌ها از جمله کنترل رفتار توپ، پاس و پاس منجر به گل را اجرا کنند، متکی نیست. این امر مانع از این می‌شود که تیم مدافع استراتژی دفاعی موفق را علیه بازیکن حمله‌کننده به اجرا بگذارد. حتی در

صورت اینکه دفاع به اجرا گذاشته شود و بهترین پاس گل‌دهنده یا شوتیست تیم درگیر تله دفاعی قرار بگیرد، فرصت مناسبی برای هم‌تیمی‌ها فراهم می‌شود تا سهم بیشتری در بازی داشته باشند و حداقل در انتقال توپ و هدایت آن به سمت بازیکنی که در موقعیت مناسب جهت امتیازآوری قرار دارد، نقش داشته باشند. مسیرهای متنوع حرکت توپ به سمت سبد و مشارکت بیشتر بازیکنان حمله، تیم مدافع را در شناسایی بازیکن حمله‌کننده دچار مشکل کرده و مجبور به گسترش منابع اطلاعاتی در مورد بازیکنان حریف می‌کند و از طرف دیگر مسیرهای پاس متناوب باعث کاهش احتمال توپ از دست رفته می‌شود. این نتایج مطابق با پژوهش فیول و همکاران است؛ زیرا آن‌ها با مشخص کردن رابطه‌ای بین طول مسیر و سرعت جریان توپ نشان دادند که برخی از تیم‌ها توپ را به سرعت بین چندین بازیکن توزیع می‌کنند (۳۸). نتایج تحقیق حاضر با تحقیق گراند و همکاران مغایر است؛ چراکه براساس یافته‌های آن‌ها الگوهای تعاملی متمرکز منجر به کاهش عملکرد تیم می‌شود (۳۰)؛ اما در تحقیق حاضر نشان داده شد که مرکزیت بازیکن پست گارد در بسکتبال منجر به تصمیم‌گیری بهتر در انتقال توپ بین هم‌تیمی‌ها شده و همچنین باعث کمتر شدن تمرکز دفاعی حریف بر روی بازیکنان امتیازآور تیم می‌شود.

تحقیقات در فوتبال مردان الگوهای پاس با درجه مرکزیت پایین را بیشتر نشان داده‌اند (۳۴، ۳۰)، اما در مقایسه با این نتایج، بسکتبال می‌تواند با فوتبال تفاوت زیادی داشته باشد؛ چراکه فوتبال تعداد بازیکنان بیشتری (۱۱ نفر) نسبت به بسکتبال (۵ نفر) را شامل می‌شود (۳۶، ۳۰). احتمالاً فوتبال به دلیل بازیکنان بیشتر در مقایسه با بسکتبال راحت‌تر به درجه مرکزیت پایین‌تر دست می‌یابد. از طرف دیگر، تحقیقاتی که معتقدند همه هم‌تیمی‌ها باید توپ را به شکل مساوی لمس کنند و مهم‌تر اینکه الگوی پاس بین بازیکنان کمتر پیش‌بینی‌شدنی باشد، بیشتر یک استراتژی مبتنی بر مسیر را نسبت به استراتژی مبتنی بر بازیکن پیشنهاد می‌کنند.

دلیل مغایرت نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات گذشته روی گروه‌های تکلیف‌محور مانند تحقیقات اسپارو و همکاران (۴۱) و لیوایت و همکاران (۴۲) روی کارمندان می‌تواند به دلیل تفاوت‌های جسمانی و راهبردی بین انجام تکالیف گروهی در آزمایشگاه با انجام فعالیت ورزشی در میدان رقابت باشد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که درجه مرکزیت پایین در یک شبکه به طور خودکار موفقیت را تضمین نمی‌کند و باید عوامل دیگر مانند محیط اجرا و نوع تکلیف نیز مدنظر قرار گیرند.

براساس نتایج مطالعات گذشته، درجه مرکزیت پایین با موفقیت بیشتر تیم همراه است (۴۳، ۳۰)، اما این موضوع مهم در تیم‌هایی صدق می‌کند که سطح مهارت تمامی بازیکنان مشابه در نظر گرفته شود و در تیم‌هایی که سطوح مهارت افراد متفاوت است، استراتژی بهتر این است که ماهرترین بازیکن تیم، دسترسی بیشتری به توپ داشته باشد تا تصمیمات کارآمدتری درمورد پاس و نحوه هدایت مسیر توپ به سمت سبد بگیرد. از آنجاکه نتایج نشان داد، بازیکنان با درجه مرکزیت بالا لزوماً بیشترین اقدام به سمت سبد را ندارند، احتمالاً به این دلیل است که بازیکن موقعیت گارد دارای تخصص در پاس منجر به گل است. با این عملکرد، بازیکن موقعیت گارد به راحتی توپ را به بهترین شوتیست‌های تیم می‌رساند تا یک شوت موفق داشته باشند. این عمل فشار دفاعی روی یک بازیکن برای انجام بیش از یک نقش در طول بازی را کاهش می‌دهد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بازیکنان یک تیم با نسبت مساوی پاس را دریافت می‌کنند، اما تنها یک یا دو بازیکن (گارد تیم) به‌عنوان پاس‌دهنده اصلی در تیم شناخته می‌شوند. درواقع تیم‌های حرفه‌ای به بهترین بازیکن پخش‌کننده خود این امکان را می‌دهند تا براساس شرایط بازی تصمیم‌ارسال پاس به یار هم‌تیمی را داشته باشد تا اینکه صرفاً بهترین شوتیست تیم را انتخاب کنند. این موضوع می‌تواند برای مربیان در تصمیم‌گیری درمورد چگونگی ساختار بازی و موقعیت قرارگیری بهترین بازیکنان در تیم مهم باشد تا شانس رسیدن به موفقیت را افزایش دهند.

براساس تحقیقات رز و همکاران، تیم‌های موفق تنها به یک بازیکن برای به ثمر رساندن گل و پاس متکی نیستند و داشتن یک بازیکن دارای بالاترین درجه مرکزیت و کسب امتیاز در هر بازی، پیش‌بینی‌کننده منفی برای موفقیت آن تیم به حساب می‌آید (۴۳). همان‌طور که از نتایج برداشت می‌شود، یک تیم تنها به یک بازیکن برای اقدام به سمت سبد متکی نیست؛ چراکه بازیکنان مرکزی تیم به یک اندازه برای هم تیمی‌های خود پاس دادن و اطمینان از فرصت گل زنی مهم هستند. درحقیقت نبود نیاز به یک زوج حمله‌ای برای پوشش دادن همه نقش‌ها، منجر به متنوع‌تر شدن عملکرد یک تیم می‌شود و از دفاع شدن بازیکنان ستاره تیم توسط مدافعین حریف جلوگیری می‌کند (۴۰).

متغیرهای میان‌گذری و نزدیکی برای شناسایی اهمیت و ارتباط بین بازیکنان در تحقیقات گذشته استفاده شده است (۴۴، ۳۰). در تحقیق حاضر بررسی این شاخص‌ها نشان داد که بازیکن پوینت‌گارد به‌عنوان پل ارتباطی در تیم شناخته می‌شود و به‌عنوان گره کلیدی در رسیدن به اهداف حمله‌ای، موجب حفظ ارتباط پاس‌کاری بین هم‌تیمی‌ها می‌شود. در اکثر موقعیت‌های حمله، بازیکن موقعیت پوینت‌گارد به‌عنوان هدف پاس برای پخش کردن توپ در بین هم‌تیمی‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. براساس تحقیقات گنسالوز و همکاران، وابستگی کمتر تیم به یک بازیکن (که با امتیاز مرکزی میان‌گذری پایین نشان داده می‌شود) منجر به شکل‌گیری نتایج بهتر و حفظ جریان توپ می‌شود (۴۵) که با نتایج تحقیق حاضر مغایر است؛ چراکه براساس داده‌های به‌دست‌آمده بازیکن پخش‌کننده توپ (پوینت‌گارد) به‌عنوان مسیر ارتباطی مطمئن بین بازیکنان شناخته می‌شود و ارتباط گرفتن با او تأثیر بسزایی بر موفقیت تیمی دارد. با توجه به ماهیت رشته بسکتبال که در آن بازیکن پوینت‌گارد به‌عنوان برنامه‌ریز بازی و اعلام‌کننده نقشه‌های سیستم حمله از طرف سرمربی در زمین نظر گرفته می‌شود، این موضوع را نمی‌توان به‌عنوان شاخص منفی در نظر گرفت. براساس تحقیق گنسالوز و همکاران، امتیازات شاخص نزدیکی بالاتر منجر به عملکرد بهتر می‌شود (۴۵). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که بازیکن موقعیت پوینت‌گارد به طور مستقیم در رسیدن موقعیت‌های بازی به هدف و کمک به هم‌تیمی‌ها نقش بسزایی دارد.

به طور معمول SNA با استفاده از معیارهای مرکزیت، اجازه می‌دهد تا محققان اهمیت نسبی هر گره را در یک شبکه معین ارزیابی کنند (۴۶، ۴۷)؛ با این حال، در ورزش‌های تیمی که بیشتر از معیارهای مرکزیت استفاده می‌شود، تنها ارتباطات مستقیم بین گره‌ها در نظر گرفته شده است (به عنوان مثال، درجه مرکزیت و نزدیکی). در این بین، مرکزیت بردار ویژه ممکن است برای تجزیه و تحلیل ورزش‌های تیمی مفید باشد؛ چراکه هم ارتباطات مستقیم و هم غیرمستقیم بین گره‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و منجر به درک جامع‌تری از پویایی شبکه می‌شود (۳۳، ۳۵). با آشکار کردن نقش نسبی هر گره در پویایی بازی، مرکزیت بردار ویژه می‌تواند اطلاعاتی درمورد ارتباط بین متغیرهای عملکردی بازی فراهم کند (۴۷). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هیچ‌کدام از موقعیت‌های حمله موفق و ناموفق در میزان شاخص بردار ویژه تفاوتی وجود ندارد. از آنجاکه بسکتبال در یک فضای محدود و با تعداد نفرات کمتری (۵ نفر) نسبت به فوتبال (۱۱ نفر) اجرا می‌شود و همچنین سرعت دستیابی به گل به‌عنوان عامل بسیار مهمی در نظر گرفته می‌شود، دارای سطح تعاملات بسیار زیادی بین افراد است. از طرف دیگر، با توجه به تعاریف پاس منجر به گل در بسکتبال (ارسال پاس به صورت مستقیم از فرد صادرکننده به بازیکنی که توپ را به سبد وارد می‌کند) و همچنین فاصله کم بین بازیکنان، در اکثر مواقع بازیکنان به طور مستقیم با یکدیگر در ارتباط هستند؛ بنابراین با توجه به تحقیق حاضر، مرکزیت بردار ویژه نمی‌تواند شاخص کارآمدی در اندازه‌گیری ویژگی‌های شبکه در بسکتبال باشد. از این نظر، نتایج پژوهش حاضر با تحقیق لاپورتا و همکاران همسوست؛ چراکه در تحقیق آن‌ها تفاوت‌های پدیدآمده در شاخص بردار ویژه اندک گزارش شد (۴۷). همواره مربیان در بسکتبال به دنبال آزادسازی بازیکنان از طریق سیستم‌های حمله‌ای متنوعی هستند تا بتوانند بازیکنان خود را برای دستیابی به هدف به طور مستقیم صاحب توپ کنند؛ بنابراین این امکان وجود دارد که توضیحات مربوط به تفاوت در کارایی با الگوها و سبک بازی تیم‌ها در ارتباط باشد.

در سطح وسیع‌تر تحلیل، چگالی به‌عنوان شاخص بررسی میزان تعاملات تیمی در بسکتبال استفاده شد و نتایج نشان داد، این شاخص از شبکه می‌تواند رفتارهای تیمی ناموفق (از دست دادن مالکیت توپ) نسبت به رفتارهای تیمی موفق (حرکت به منطقه نهایی یا پرتاب به سمت هدف) را با دقت بیشتری توصیف کند. به نظر می‌رسد که یک تیم برای رسیدن به هدف، بیشتر باید از رفتارهایی اجتناب کند که منجر به موفق نشدن می‌شود، نسبت به رفتارهایی که منجر به موفقیت می‌شود. نمره چگالی بالاتر احتمالاً با وقوع زیاد پیوندهای متفاوت بین افراد مرتبط است. این تنوع بیشتر الگوهای پاس که در پیوندهای کیفی متمایز در یک دوره مشخص بیان می‌شود، ممکن است به دلایل مختلفی رخ دهد؛ به عنوان مثال، پویایی جمعی بیشتر و تحرک زیاد بازیکنان می‌تواند منجر به پاس بین بازیکنانی شود که به طور منظم در مناطق گوناگون زمین بازی می‌کنند (۴۸). براساس تحقیقات گذشته، همکاری بین بازیکنان (چگالی) منجر به انسجام بیشتر و کسب موفقیت در تیم می‌شود (۳۶)، اما در بسکتبال مقادیر چگالی پایین در مجموع منجر به بازی‌های تهاجمی کمتری شود که اکثر آن‌ها موفق هستند. براساس نتایج تحقیق حاضر، بعید به نظر می‌رسد ارتباط منفی بین چگالی و کوشش‌های موفق صرفاً به دلیل تعداد بیشتر خطاها و از دست دادن توپ باشد؛ بلکه در نتیجه تلاش بیشتر بازیکنان برای حفظ ارتباطات در سناریوهای با تراکم بالا حاصل می‌شود (۴۹). درواقع بازی‌های تهاجمی با مقادیر چگالی بالا صرفاً با تعداد پاس بیشتر مشخص می‌شوند. این مقادیر چگالی بالا ممکن است در نتیجه زمان طولانی‌تر مالکیت توپ، از دست دادن توپ کمتر یا از دست دادن توپ در مناطق پیشرفته میدان (نزدیک سبد) باشد (۴۸). عمده‌ترین تفاوت بسکتبال با دیگر رشته‌های ورزشی وجود محدودیت زمانی در حمله است؛ چراکه برای یک تیم در یک بازه زمانی محدود (۱۴ تا ۲۴ ثانیه) فرصت حمله وجود دارد؛ به همین دلیل تیم برای رسیدن به هدف و ایجاد ارتباط بین افراد باید در یک بازه زمانی مشخص حمله خود را به نتیجه برساند. ما فرض می‌کنیم این محدودیت زمانی منجر می‌شود که تیم‌های بسکتبال خیلی سریع‌تر و با تعداد پاس کمتری خود را به سبد حریف برسانند. این یک استراتژی موردعلاقه مربیان است؛ چراکه سرعت تیم در حمله به‌عنوان فاکتور خیلی مهمی در نظر گرفته می‌شود (۵۰). از سوی دیگر، به احتمال فراوان چگالی بالا در کوشش‌های ناموفق می‌تواند به دلیل شکست در استراتژی انتقال سریع توپ و همچنین دفاع مؤثرتر تیم حریف باشد؛ چراکه حرکات دفاعی مؤثر تیم حمله را مجبور به تعداد پاس بیشتر می‌کند و در بسیاری از زمان‌ها منجر به تخلف ۲۴ ثانیه یا از دست دادن توپ یا شوت بی‌دقت به سمت سبد به دلیل تمام شدن فرصت حمله می‌شود. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات پایین و همکاران همسوست؛ چراکه نتایج آن‌ها رابطه منفی بین چگالی و حمله‌های موفق را نشان داد. همچنین در تحقیق آن‌ها کاهش چگالی همراه با تعداد بیشتری از بازی‌های تهاجمی اما اکثراً ناموفق همراه بود (۴۸). این نتایج با یافته‌های هیوج و فرانک که نشان دادند توالی‌های پاس طولانی‌تر نسبت به توالی‌های پاس کوتاه‌تر منجر به ایجاد موقعیت گلزنی بیشتر می‌شود، مغایر است (۴۹). کلمنته و همکاران نشان دادند که موقعیت‌های حمله با ویژگی‌های چگالی بالا در تیم‌های موفق جام جهانی فوتبال ۲۰۱۴ مرتبط است که با نتایج تحقیق ما همسو نیست (۳۴)؛ چراکه آن‌ها نشان دادند ویژگی‌های موقعیت حمله‌ای همراه با مقادیر چگالی بالا به فرایندهای تهاجمی کمک می‌کند که فرصت‌های به ثمر رساندن گل را ایجاد می‌کند و برای حفظ توپ در مناطق زمین حمله مؤثرتر است؛ در صورتی که در بسکتبال به دلیل محدودیت زمانی حفظ توپ در زمین حمله معنایی ندارد.

تحلیل شاخص‌های شبکه‌های اجتماعی در بسکتبال، بازیکن موقعیت پوینت گارد را به‌عنوان موقعیتی نشان داد که بیشترین تعامل را با هم‌تیمی‌ها در طول مسابقه برقرار می‌کند. از سوی دیگر، این تحقیق هیچ ارتباطی بین بازیکنان با مرکزیت درجه بالا و تعداد امتیازهای آن‌ها در هر بازی پیدا نکرد، اما ممکن است معیارهای موفقیت دیگری وجود داشته باشد که تحت تأثیر درجه مرکزیت قرار گیرند؛ بنابراین درک اینکه چگونه رفتار پاس‌کاری بر موفقیت یک تیم از طریق معیارهای شبکه اجتماعی تأثیر می‌گذارد، می‌تواند به مربیان و بازیکنان کمک کند تا استراتژی‌های خود را بهبود بخشند

و ایرادات فنی درون تیم خود را آشکار کنند. از آنجاکه تنها یک تیم در طول فصل مسابقات بررسی شد، محدودیت اصلی این مطالعه می‌تواند نمونه کوچک به‌کاررفته در نظر گرفته شود. استفاده از تعداد تیم‌های بیشتر در آینده امکان تعمیم نتایج این مطالعه را بهتر فراهم می‌کند. همچنین تحقیقات آینده می‌توانند با بررسی هم‌زمان رفتار دفاعی یک تیم، درک جامع‌تری از سطح ارتباط بین بازیکنان در طول بازی ارائه دهند. در نهایت، نوع دستورالعمل‌های تاکتیکی ارائه‌شده توسط مربی و اثربخشی آن بین ارتباطات بازیکنان و عملکرد تیم را می‌توان در تحقیقات آتی بررسی کرد.

پیام مقاله

بسکتبال، بیشتر از یک استراتژی مبتنی بر بازیکن به استراتژی مبتنی بر مسیر توپ متکی است؛ بنابراین مربیان می‌توانند تیم‌های خود را به سمت ایجاد یک مسیر مشخص به جای تمرکز بیشتر پاس‌ها به چند بازیکن ستاره برای رسیدن به نتیجه هدایت کنند.

ملاحظات اخلاقی

فرایند انجام مطالعه حاضر به تأیید کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد اخلاق IR. SSRI. REC. 1401.1988 رسید.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: محمد مهدی خیرخیز، بهروز عبدلی
جمع‌آوری داده‌ها: محمد مهدی خیرخیز
تحلیل داده‌ها: محمد مهدی خیرخیز
نوشتن مقاله: محمد مهدی خیرخیز
بازبینی و ویرایش: محمد مهدی خیرخیز، بهروز عبدلی، لورنزو لاپورتا، علیرضا فارسی
مرور ادبیات: محمد مهدی خیرخیز، بهروز عبدلی
مدیر پروژه: بهروز عبدلی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از شرکت کنندگان و مربیان تیم به خاطر همکاری‌شان در این مطالعه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Lorenzo J, Lorenzo A, Conte D, Giménez M. Long-term analysis of elite basketball players' game-related statistics throughout their careers. *Frontiers in Psychology*. 2019;10:421. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00421>
2. Hughes MD, Bartlett RM. The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of sports sciences*. 2002;20(10):739-54. <https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
3. Bartlett R. Performance analysis: can bringing together biomechanics and notational analysis benefit coaches? *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2001;1(1):122-6. <https://doi.org/10.1080/24748668.2001.11868254>
4. Hughes M, Franks I. *The essentials of performance analysis: an introduction*: London: Routledge. <https://doi.org/200710.4324/9780203938065>

5. Dimitros E, Garopoulou V, Bakirtzoglou P, Maltezos C. Differences and discriminant analysis by location in A1 Greek women's basketball league. *Sport Science*. 2013;6(1):33-7. <https://doi.org/10.1080/054704102320675602>
6. Leicht AS, Gomez MA, Woods CT. Team performance indicators explain outcome during women's basketball matches at the Olympic Games. *Sports*. 2017;5(4):96. <https://doi.org/10.3390/sports5040096>
7. Koon Teck K, Wang C, Mallett C. Discriminating factors between successful and unsuccessful elite youth Olympic female basketball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2012;12(1):119-31. <https://doi.org/10.1080/24748668.2012.11868588>
8. Sampaio J, Janeira M, Ibáñez S, Lorenzo A. Discriminant analysis of game-related statistics between basketball guards, forwards and centres in three professional leagues. *European Journal of Sport Science*. 2006;6(3):173-8. <https://doi.org/10.1080/17461390600676200>
9. Conte D, Favero TG, Niederhausen M, Capranica L, Tessitore A. Determinants of the effectiveness of fast break actions in elite and sub-elite Italian men's basketball games. *Biology of Sport*. 2017;34(2):177-83. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.65337>
10. Trninić S, Dizdar D, Lukšić E. Differences between winning and defeated top quality basketball teams in final tournaments of European club championship. *Collegium Antropologicum*. 2002;26(2):521-31. <https://doi.org/10.1108/17461390600676200>
11. Mendes L, Janeira M. Basketball performance-multivariate study in Portuguese professional male basketball teams. *Notational Analysis of sport-IV*. 2001;103:111. <https://doi.org/10.1080/054704102320675602>
12. Tsamourtzis E, Salonikidis K, Taxildaris K, Mawromatis G. Technical and tactical characteristics of winners and losers in basketball. *Leistungssport*. 2002;32(1):54-8. <https://doi.org/10.1080/054704102320675602>
13. Lidor R, Arnon M. Developing indexes of efficiency in basketball: talk with the coaches in their own language. *Kinesiology*. 2000;32(2):31-41. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2012.08.006>
14. Sampaio J, Ibáñez S, Lorenzo A, Gómez M. Discriminative game-related statistics between basketball starters and nonstarters when related to team quality and game outcome. *Perceptual and Motor Skills*. 2006;103(2):486-94. <https://doi.org/10.2466/pms.103.2.486-494>
15. Zaccaro SJ, Rittman AL, Marks MA. Team leadership. *The Leadership Quarterly*. 2001;12(4): 451-83. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(01\)00093-5](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(01)00093-5)
16. Anderson C, Franks NR. Teams in animal societies. *Behavioral Ecology*. 2001;12(5):534-40. <https://doi.org/10.1093/beheco/12.5.534>
17. Vilar L, Araújo D, Davids K, Button C. The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*. 2012;42:1-10. <https://doi.org/10.2165/11596520-000000000-00000>
18. Araújo D, Davids K. Team synergies in sport: theory and measures. *Frontiers in psychology*. 2016;7:1449. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01449>
19. Pena JL, Touchette H. A network theory analysis of football strategies. *arXiv preprint arXiv:12066904*. 2012. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1206.6904>
20. Gudmundsson J, Wolle T, editors. *Football analysis using spatio-temporal tools*. Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems; 2012. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01449>
21. Glazier PS. Game, set and match? Substantive issues and future directions in performance analysis. *Sports Medicine*. 2010;40:625-34. [10.2165/11534970-000000000-00000](https://doi.org/10.2165/11534970-000000000-00000)
22. Latash ML, Gorniak S, Zatsiorsky VM. Hierarchies of synergies in human movements. *Kinesiology (Zagreb, Croatia)*. 2008;40(1):29. <https://doi.org/10.2566/pms.103.2.486-494>
23. Komar J, Seifert L, Thouwarecq R. What variability tells us about motor expertise: measurements and perspectives from a complex system approach. *Movement & Sport Sciences-Science & Motricité*. 2015;(89):65-77. <https://doi.org/10.1051/sm/2015020>
24. Cummings JN, Cross R. Structural properties of work groups and their consequences for performance. *Social Networks*. 2003 25(3):197-210. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(02\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(02)00049-7)
25. Warner S, Bowers MT, Dixon MA. Team dynamics: A social network perspective. *Journal of Sport Management*. 2012;26(1):53-66. <https://doi.org/10.1123/jsm.26.1.53>

26. Gaston ME, DesJardins M. The effect of network structure on dynamic team formation in multi-agent systems. *Computational Intelligence*. 2008; 24(2):122-57. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8640.2008.00325>
27. Vazquez-Guerrero J, Fernández-Valdés B, Jones B, Moras G, Reche X, Sampaio J. Changes in physical demands between game quarters of U18 elite official basketball games. *PLoS One*. 2019;14(9):e0221818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221818>
28. Pollard R, Pollard G. Home advantage in soccer: a review of its existence and causes. 2005. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01449>
29. Praça G, Diniz L, Clemente F, Bredt SGT, Couto B, Andrade A, et al. The influence of playing position on the physical, technical, and network variables of sub-elite professional soccer athletes. *Human Movement*. 2021;22(2):22-31. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198888>
30. Grund TU. Network structure and team performance: The case of English Premier League soccer teams. *Social Networks*. 2012; 34(4):682-90. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2012.08.004>
31. Travassos B, Davids K, Araújo D, and Esteves TP. Performance analysis in team sports: Advances from an Ecological Dynamics approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2013;13(1):83-95. <https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868633>
32. Correia V, Araújo D, Duarte R, Travassos B, Passos P, Davids K. Changes in practice task constraints shape decision-making behaviours of team games players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012;15(3): 244-9. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.10.004>
33. Ramos J, Lopes RJ, Araújo D. What's next in complex networks? Capturing the concept of attacking play in invasive team sports. *Sports Medicine*. 2018;48(1):17-28. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0786-z>
34. Clemente FM, Couceiro MS, Martins FML, Mendes RS. Using network metrics in soccer: a macro-analysis. *Journal of Human Kinetics*. 2015; 45:123. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0013>
35. Bonacich P. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*. 1972; 2(1):113-20. <https://doi.org/10.1080/0022250X.1972.9989806>
36. Balkundi P, Harrison DA. Ties, leaders, and time in teams: Strong inference about network structure's effects on team viability and performance. *Academy of Management Journal*. 2006;49(1):49-68. <https://doi.org/10.5465/amj.2006.20785500>
37. Wasserman S, Faust K. *Social network analysis: Methods and applications*. Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge; 1994. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>
38. Fewell JH, Armbruster D, Ingraham J, Petersen A, Waters JS. Basketball teams as strategic networks. *PloS one*. 2012;7(11):e47445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047445>
39. Xu CK. *Social Network Analysis of College and Professional Basketball* (Doctoral dissertation). 2018. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>
40. Diambra NJ. Using topological clustering to identify emerging positions and strategies in NCAA men's basketball. 2018. <https://doi.org/10.1017/O9780511815478>
41. Sparrowe RT, Liden RC, Wayne SJ, Kraimer ML. Social networks and the performance of individuals and groups. *Academy of management journal*. 2001;44(2):316-25. <https://doi.org/10.5465/3069458>
42. Leavitt HJ. Some effects of certain communication patterns on group performance. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1951;46(1):38. <https://doi.org/10.1037/h0057189>
43. Rose T. *The end of average: How to succeed in a world that values sameness*. Penguin UK; 2016. <https://doi.org/10.1236/h0057189>
44. Pena JL, Touchette H. A network theory analysis of football strategies. *arXiv preprint arXiv:1206.6904*. 2012. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1206.6904>
45. Gonçalves B, Coutinho D, Santos S, Lago-Penas C, Jiménez S, Sampaio J. Exploring team passing networks and player movement dynamics in youth association football. *PloS one*. 2017;12(1):e0171156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171156>
46. Sasaki K, Yamamoto T, Miyao M, Katsuta T, Kono I. Network centrality analysis to determine the tactical leader of a sports team. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2017;17(6):822-31. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1402283>
47. Zuo XN, Ehmke R, Mennes M, Imperati D, Castellanos FX, Sporns O, Milham MP. Network centrality in the human functional connectome. *Cerebral cortex*. 2012;22(8):1862-75. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr269>

48. Pina TJ, Paulo A, Araújo D. Network characteristics of successful performance in association football. A study on the UEFA champions league. 2017. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01173>
49. Hughes M, Franks I. Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. Journal of sports sciences. 2005;23(5):509-14. <https://doi.org/10.1080/02640410410001716779>
50. Karipidis A, Mavridis G, Tsamourtzis E, Rokka S. The effectiveness of control offense, following an outside game in European Championships. Inquiries in Sport & Physical Education. 2010;8(1):99-106. <https://doi.org/10.26253/heal.uth.ojs.ispe.2010.1347>

