International
SOCIAL SCIENCES STUDIES Journal
Open Access Refereed E-Journal & Indexed & Publishing
e-ISSN: 2587-1587

REVIEW ARTICLE
Sports Sciences

Tenisin Matematiği

The Mathematics of Tennis

Yunus Şahinler [1]

ÖZET

Bu çalışma, tenis sporunun arkasında yatan matematiksel dinamikleri disiplinlerarası bir yaklaşımla incelemektedir. Tenis yalnızca fiziksel bir etkinlik değil, aynı zamanda olasılık, geometri, kinematik ve veri bilimi gibi çeşitli matematiksel disiplinlerin somut biçimde uygulandığı bir bağlamdır. Çalışmada, kort geometrisinin oyun stratejilerine etkisi, oyuncu hareketlerinin ve vuruşlarının fiziksel hesaplamaları, skor sisteminin olasılık modelleriyle yorumlanması ve karar verme süreçlerine etki eden matematiksel stratejiler ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Ayrıca, servis yönü seçimi, top yörüngesi, spin etkisi ve oyuncu performansının makine öğrenmesiyle değerlendirilmesi gibi konulara da yer verilmiştir. Eğitim boyutunda ise matematiğin, tenis öğretiminde kavramsal öğrenmeyi ve performans analizini nasıl desteklediği gösterilmiştir. Araştırmada ulaşılan bulgular, matematiğin tenis performansını artırmaya, teknik becerileri geliştirmeye ve stratejik karar alma süreçlerini optimize etmeye yönelik güçlü bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışma, spor bilimleri ve matematik arasındaki bütüncül etkileşimi derinlemesine ortaya koyarak, hem akademik literatüre hem de antrenman pratiklerine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tenis, Matematik, Geometri, Olasılık, Kinematik, Veri Bilimi

ABSTRACT

This study examines the mathematical dynamics behind the sport of tennis with an interdisciplinary approach. Tennis is not only a physical activity, but also a context where various mathematical disciplines such as probability, geometry, kinematics and data science are concretely applied. In the study, the effect of court geometry on game strategies, physical calculations of player movements and strokes, interpretation of the scoring system with probability models and mathematical strategies affecting decision-making processes are analyzed in detail. In addition, topics such as service direction selection, ball trajectory, spin effect and evaluation of player performance with machine learning are also included. In the educational dimension, it is shown how mathematics supports conceptual learning and performance analysis in tennis teaching. The findings of the study reveal that mathematics is a powerful tool for improving tennis performance, developing technical skills and optimizing strategic decision-making processes. In this context, the study aims to contribute to both academic literature and training practices by revealing the holistic interaction between sports sciences and mathematics in depth. In this context, the study aims to contribute to both academic literature and training practices by revealing in depth the holistic interaction between sports sciences and mathematics.

Keywords: Tennis, Mathematics, Geometry, Probability, Kinematics, Data Science

How to Cite This Article
Şahinler, Y. (2025). "From Charity to Hashtag: A Sociological Analysis of the Cultural Representation of İzmir Lokma through the Lens of Bourdieu" International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587-1587) Vol:11, Issue:9; pp:1552-1565. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.17215301

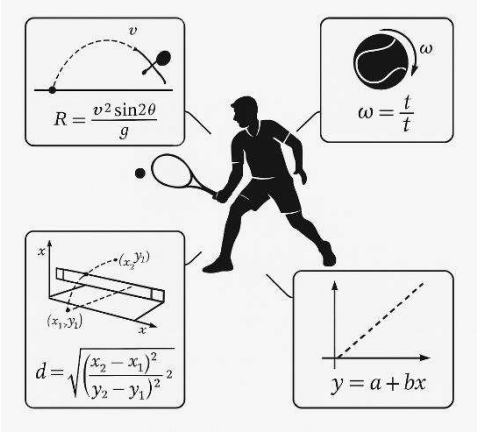
Arrival: 07 July 2025
Published: 27 September 2025

Social Sciences Studies Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

GİRİŞ

Tenis ve matematik arasındaki ilişki çok yönlüdür ve olasılık, geometri ve optimizasyon teorisi gibi çeşitli matematiksel prensipleri kapsar. Çok sayıda çalışma, bu matematiksel kavramların tenis oyunlarının analizi ve stratejisine nasıl uygulandığının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuştur. Cooper ve Kennedy, tenis oyunlarını kazanma ile ilişkili olasılıkları matematiksel modelleme kullanarak araştırmış ve sayısal analize dayalı oyun stratejileri hakkında ilgi çekici bir bakış açısı sunmuştur (Cooper ve Kennedy, 2021). Bu olasılıkçı yaklaşım, teniste puanlama sistemlerinin rolünü ele alan ve oyun verimliliğini ve optimum puanlama yöntemlerini analiz etmek için matematiksel modeller kullanan Pollard ve Barnett'in çalışmalarında daha da gösterilmiştir (Pollard ve Barnett, 2018). Bu tür analizler, oyuncuların maçlar sırasında benimseyebilecekleri stratejileri geliştirerek sporlarda matematiksel formülasyonların pratik etkilerini göstermektedir.

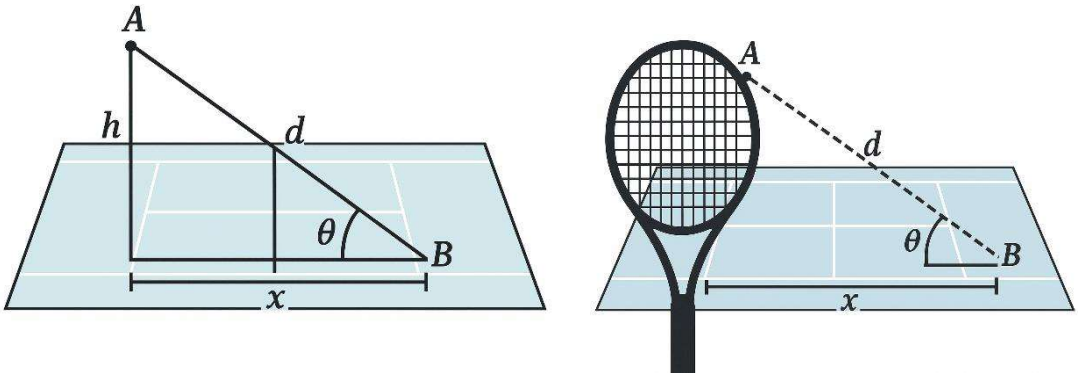
[1] Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Engellilerde Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5268-020X



Resim 1. Matematiksel Formülasyonlar

Teniste bir diğer kritik matematiksel yön, özellikle oyuncuların fiziksel hareketleri ve tenis ekipmanlarının tasarımı ile ilgili olarak geometridir. Laurie ve Penne gibi araştırmacılar, üstten dönüşlü servis gibi karmaşık eylemler de dahil olmak üzere insan hareketini anlamak için projektif geometriyi uyguladılar ve belirli geometrik prensiplerin atletik performansı nasıl yönettiğini gösterdiler (Laurie ve Penne, 2004). Bu geometrik içgörü, tenis raketlerinin tasarımına kadar uzanır ve bir raketin geometrisinin performansını ve oyuncu ile ekipman arasındaki fiziksel etkileşimi nasıl etkilediğini inceleyen çalışmalar vardır (Taraborrelli ve ark., 2021) Taraborrelli ve ark., 2019). Ek olarak, kortta optimum vuruş yerleşiminin belirlenmesi ve etkili top vuruşunun ardındaki mekanikler de geometrik mercekler aracılığıyla analiz edilebilir ve bu da geometri ile tenis performansı arasında derin bir ilişki olduğunu gösterir (Taraborrelli ve ark., 2021).

Oyuncuların kapsamlı yeteneklerinin değerlendirilmesi matematiksel metodolojileri içerir. Li ve diğerlerinin çalışması, tenis oyuncularındaki çeşitli performans ölçümlerini analiz etmek için bulanık matematiğin uygulanmasını vurgulayarak, bu matematiksel çerçevenin teknik beceriler ve psikolojik hazırlık açısından oyuncu yeteneklerinin ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasını sağlayabileceğini öne sürmektedir (Li ve ark., 2017). Matematiğin atletik değerlendirmeyle bu şekilde harmanlanması, sporlarda ölçülebilir ölçümlerin önemini vurgulamaktadır.

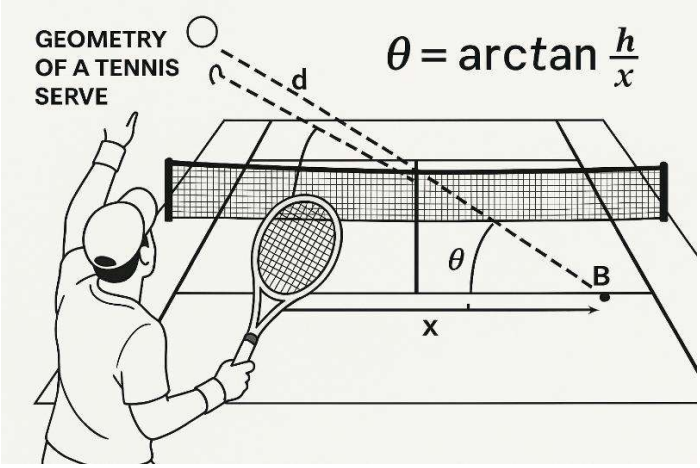


Resim 2. Matematiksel Formülasyonlar

Tenis ve matematik arasındaki etkileşim, oyun sonuçlarının olasılıksal modellemesi, oyuncu hareketinin ve ekipmanının geometrik analizi ve oyuncu performansının kapsamlı değerlendirmeleri yoluyla ortaya çıkar. Matematiksel kavramların titizlikle uygulanması, yalnızca tenisin bir spor olarak bilimsel anlayışını derinleştirmekle kalmaz, aynı zamanda oyuncuların ve koçların stratejilerini geliştirmelerine ve rekabet avantajlarını artırmalarına yardımcı olur.

Teniste Geometri: Kortun Dili

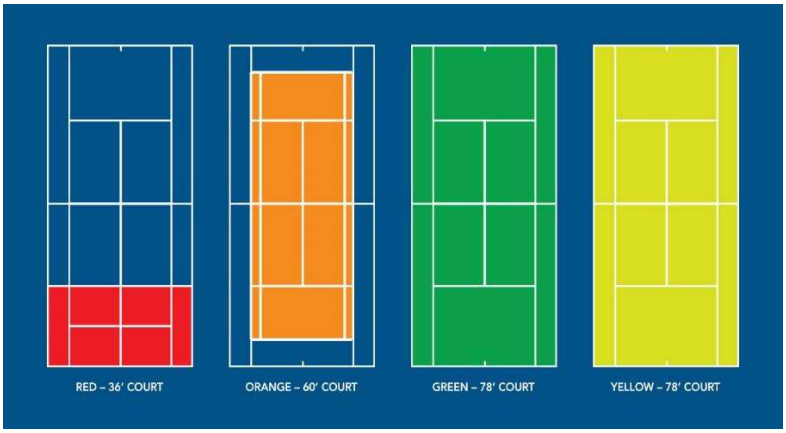
Tenis alanında, kort boyutları ve eşlik eden simetriler sporun hem fiziksel hem de taktiksel dinamiklerini önemli ölçüde etkiler. Tenis, toprak, çim ve sert kortlar gibi çeşitli yüzeylerde oynanır ve her biri oyuncu performansını, stratejisini ve sakatlanma riskini etkileyebilecek benzersiz özellikler sunar. Kortun uzunluğu ve genişliği de dahil olmak üzere boyutları, oyuncuların içinde hareket ettiği mekansal parametreleri şekillendirir ve oyun stratejilerini şekillendirmede temeldir.



Resim 3. Matematiksel Formülasyonlar

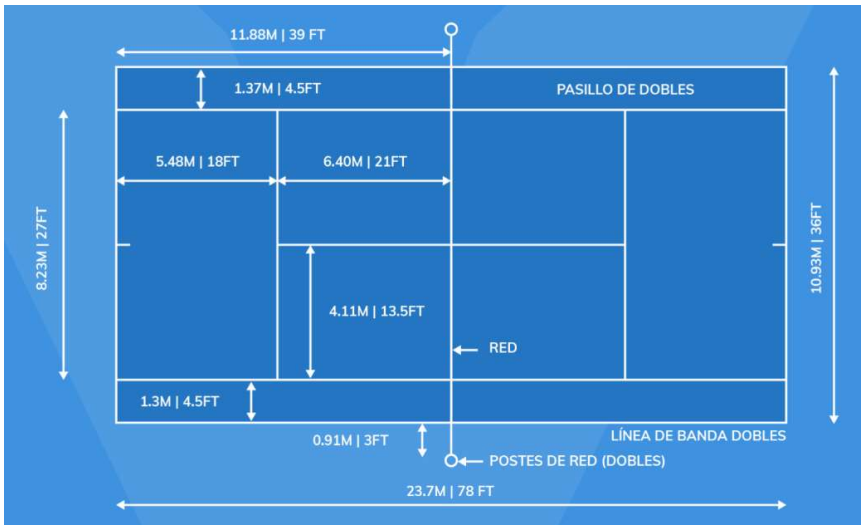
Çalışmalar, kort yüzeyinin tipinin maç dinamikleri ve oyuncu davranışlarında hayati bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Örneğin, toprak kortlarda oyuncular, top ile yüzey arasındaki daha yüksek sürtünme katsayısı nedeniyle daha uzun rallilere girme eğilimindedir ve bu da hareketi ve şut üretimini etkiler (Maquirriain ve Baglione, 2015; Martin ve ark., 2011). Yüzeylerin sürtünme özellikleri de yaralanma olasılığını etkiler; veriler, toprak gibi yavaş yüzeylerin, daha hızlı yüzeylere kıyasla aşırı kullanım yaralanmalarının sıklığını azalttığını göstermektedir (Girard ve ark., 2007). Bu fark, oyuncuların farklı yüzeylerde benimsediği koşu tekniklerindeki farklılıklara atfedilmektedir (Girard ve ark., 2007; Martin ve ark., 2011).

Kort boyutlarının ölçeklendirilmesi, özellikle gençlik tenisiyle ilgili olarak kapsamlı bir araştırma konusu olmuştur. Araştırmalar, kort boyutlarının küçültülmesinin, daha genç oyuncular tarafından kullanılan daha geniş yelpazede vuruş türlerini teşvik edebileceğini ve daha çeşitli beceri gelişimini kolaylaştırabileceğini göstermektedir (Giménez-Egido ve ark., 2020; Fitzpatrick ve ark., 2016; Timmerman ve ark., 2014). Bu, daha küçük kortların taktik eylemlerin daha sık yapılmasıyla ilişkilendirildiği ve böylece katılımı ve beceri edinimini geliştirdiği çocuk tenisinde özellikle önemlidir (Fitzpatrick ve ark., 2016; Timmerman ve ark., 2014). Bu kortların yapısal tasarımı sadece geleneğin bir ürünü değil, aynı zamanda daha genç sporcular arasında beceri gelişimini teşvik etmek için gerekli bir uyarlamadır (Timmerman ve ark., 2014; Chapelle ve ark., 2022).



Resim 4. Tenis Kort

Geometrik bir bakış açısından, ölçekli kortların uygulanmasının oyuncuların hareket kalıplarını olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Kanıtlar, değiştirilmiş boyutlarda oynamanın başarılı vuruş fırsatlarını artırdığını ve böylece gençlik tenisinde genel beceri gelişimine katkıda bulunduğunu göstermektedir (Timmerman ve ark., 2014; Bayer ve ark., 2017). Ek olarak, kort ölçekleme kavramı öğrenme ortamını önemli ölçüde yeniden şekillendirebilir; oyuncular, kort boyutundaki ayarlamalar ve top dinamiklerindeki karşılık gelen uyarlamalar nedeniyle gelişmiş performans ölçümleri deneyimler (Giménez-Egido ve ark., 2020; Kilit ve ark., 2023).



Resim 5. Tenis Kort Ölçümleri

Spor geliştikçe, kort boyutları ve simetrilerinin dikkate alınması sadece fiziksel özelliklerin ötesine geçer; oyuncu gelişiminin psikolojik yönlerini etkiler. Azaltılmış kort boyutları sadece fiziksel zorlanmayı azaltmaya katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda oyuncuların özgüvenini de artırarak, değişen koşullar altında taktiksel oyun ve karar alma süreçlerinin daha derinlemesine incelenmesine olanak tanır (Fitzpatrick ve ark., 2016; Timmerman ve ark., 2014; Chapelle ve ark., 2022).

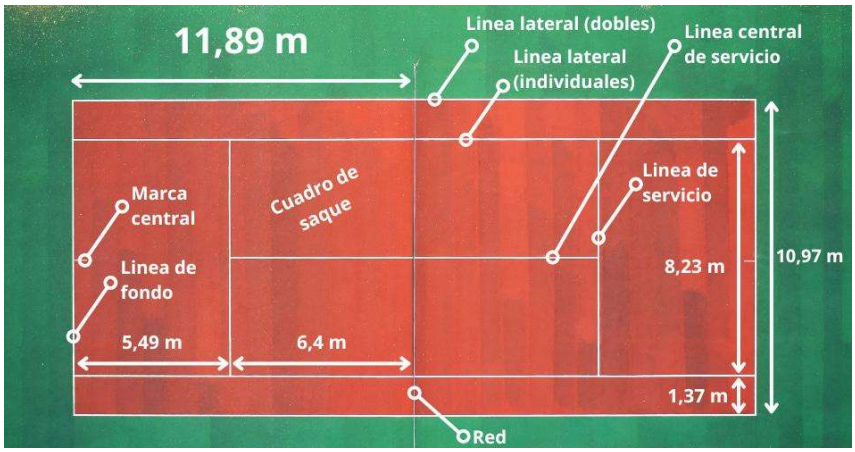
Teniste Fiziksel ve Kinematik Hesaplamalar

Tenis bağlamında, fiziksel ve kinematik parametrelerin etkileşiminin anlaşılması, oyuncu performansını iyileştirmek için çok önemlidir. Bir tenis topunun hızı ve yörüngesi, temel ilişki (v = \frac{d}{t} kullanılarak analiz edilebilir; burada (v) hızı, (d) mesafeyi ve (t) zamanı ifade eder. Bu parametreleri etkileyen faktörler arasında oyuncunun servisler sırasındaki fiziksel uygunluğu, gücü ve biyomekanik uygulaması yer alır (Göktepe ve ark., 2010; Bilić, 2025 Sánchez-Pay ve ark., 2021).

Tablo 1. Teniste Fiziksel ve Kinematik Hesaplamalar

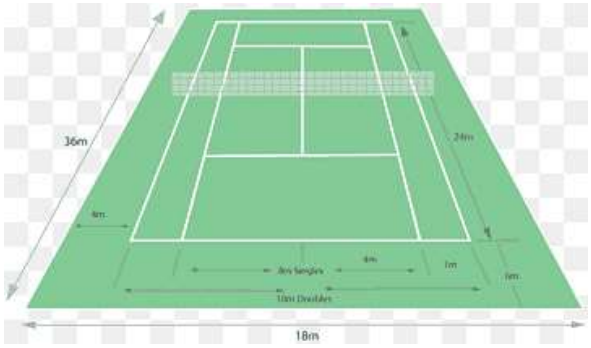
Formül	Açıklama	Değişkenler	Kullanım Alanı
v=dtv = \frac{d}{t}	Ortalama hız formülü. Topun belirli bir mesafeyi ne kadar sürede katettiğini hesaplar.	vv: hız (m/s) dd: mesafe (m) tt: zaman (s)	Topun kort üzerindeki ortalama hızını analiz etmek
12mv2=F·d\frac{1}{2}mv^2 = F \cdot d	Kinetik enerji ile kuvvet-mesafe ilişkisi. Vuruşta uygulanan kuvvetin topa nasıl hız kazandırdığını gösterir.	mm: topun kütlesi (kg) vv: hız (m/s) FF: kuvvet (N) dd: kuvvet mesafesi (m)	Servis veya forehand vuruşlarında topa aktarılan enerjiyi hesaplama
R=v2sin⁡(2θ)gR = \frac{v^2 \sin(2\theta)}{g}	Parabolik yörünge formülü. Fırlatma açısı ve ilk hıza bağlı olarak topun menzilini hesaplar.	RR: menzil (m) vv: ilk hız (m/s) θ\theta: fırlatma açısı (°) gg: yerçekimi (9.81 m/s²)	Servis veya lob vuruşlarının hedefe olan uzaklığını belirleme
vtop=vkol+ωomuz·rv_{\text{top}} = v_{\text{kol}} + \omega_{\text{omuz}} \cdot r	Kinetik zincir modeli. Kolun ve omuzun hareketiyle topa aktarılan hızın tahmini.	vtopv_{\text{top}}: top hızı vkolv_{\text{kol}}: kol hızı ωomuz\omega_{\text{omuz}}: omuz açısal hızı rr: dönme yarıçapı	Profesyonel oyuncularda servis hızını artırmak için kullanılan biomekanik analiz

Tenisteki en kritik vuruşlardan biri olan servis, raket hızı, top hızı ve vuruş açısı gibi çeşitli kinematik değişkenlerden etkilenir. Araştırmalar, etkili servislerin oyuncuların kondisyon seviyeleriyle korelasyon gösteren optimum biyomekanik gerektirdiğini göstermektedir (Göktepe ve ark., 2010; Bilić, 2025). Yorgunluk, kinematik değişkenleri önemli ölçüde etkiler; çalışmalar, fiziksel yorgunluğun servis hızını ve isabetliliğini azaltabileceğini göstererek, kondisyon ve yorgunluk yönetimi stratejilerinin önemini vurgulamaktadır (Bilić, 2025). Plyometrik ve spesifik hareket antrenmanlarının uygulanması, servisler sırasında açıların optimize edilmesine yardımcı olarak genel verimliliği artırabilir (Fernández-Fernández ve ark., 2020; Fernández-Fernández ve ark., 2020).



Resim 6. Tenis Kort

Spin, özellikle topun hızı ve dönüşünün havadaki yörüngesini etkilediği Magnus etkisi açısından oyunda hayati bir rol oynar. Daha yüksek dönüş hızlarına sahip tenis servisleri topun yörüngesini değiştirme eğilimindedir ve böylece rakiplerin nasıl tepki vereceğini etkiler (Koya ve ark., 2022). Top dönüşü ve hızı ters bir ilişkiye sahiptir: dönüş hızı arttıkça, top üzerinde etkili olan daha büyük aerodinamik kuvvetler nedeniyle hız azalabilir (Koya ve ark., 2022; Colomar ve ark., 2020). Bu becerilerde ustalaşmak, bir oyuncunun top yerleşimini kontrol etme ve rakibin korttaki pozisyonunu değiştirme yeteneğini artırır.



Resim 7. Tenis Kort

Zıplama yüksekliği, hem servisler hem de ralliler sırasında hızlı yön değişiklikleri için önemli olan bir diğer kritik performans faktörüdür. Çalışmalar, karşı hareket zıplama testlerinin bir sporcunun patlayıcı gücünü güvenilir bir şekilde gösterdiğini ve korttaki performansla korelasyon gösterdiğini göstermiştir (Moreno-Pérez ve ark., 2021; Myburgh ve ark., 2016). Elit oyuncular genellikle üstün zıplama yüksekliklerine sahiptir ve bu da fiziksel antrenmanın maçlarda performansı artırmak için patlayıcı bacak gücünü geliştirmeye öncelik vermesi gerektiğini göstermektedir (Deng ve ark., 2023; Kramer ve ark., 2020). Açısal momentum ve eylemsizlik momenti, vücut pozisyonunun ve hareketinin zıplama yeteneğini ve dolayısıyla genel tenis performansını nasıl etkilediğini anlamada önemli roller oynar (Sinkovic ve ark., 2023).

Teniste Olasılık ve Strateji

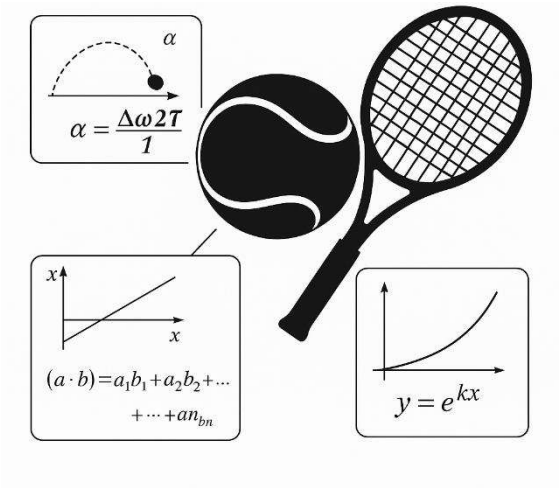
Profesyonel teniste, servis yönüyle ilgili stratejik karar alma, özellikle nesnel veriler ve rakip analizi göz önünde bulundurulduğunda, oyuncu performansı için çok önemlidir. Son yirmi yılda servis tekniklerinin evrimi, sporcular servis dinamikleri ve servis-geri dönüş verimlilikleri konusunda daha derin bir anlayış geliştirdikçe, oyuncuların maçlar sırasında taktiksel seçeneklerini ve etkinliğini artırmıştır. Bu evrim, tenisin, oyuncuların genel olarak daha fazla puan kazanmasını sağlayan giderek daha etkili servisler ve geri dönüşlerle karakterize edilen daha kapsamlı ve rekabetçi bir spora dönüştüğünü göstermektedir (Filipčić ve ark., 2015).

Tablo 2. Teniste Olasılık ve Stratejiler

Skor Sistemi	Skor Yapısı ve Kurallar	Sayma Teorisi Bağlantısı	Açıklama / Uygulama Örneği
Game	0 – 15 – 30 – 40 – Game (en az 2 fark şartı)	Permütasyon Kombinasyon	Bir oyuncunun 4 sayılık galibiyet için minimum ve maksimum sayı dizilimleri hesaplanabilir.
Deuce (40–40)	Kazanmak için 2 ardışık sayı gerekir.	Olasılık Hesabı Geometrik Seri	Deuce sonrası 2 ardışık sayı kazanma olasılığı: P=p2+2p2(1−p)+2p2(1−p)2+…P = p^2 + 2p^2(1 - p) + 2p^2(1 - p)^2 + \dots
Set	6 oyun kazanan oyuncu seti alır (2 farkla). Tie-break 6–6'da olur.	Kombinasyonlar	Bir setin kaç farklı şekilde 6–4, 7–5, 6–3 gibi skorlarla bitebileceği hesaplanabilir.
Tie-Break	7 sayı kazanılır, en az 2 fark olmalı.	Binom Dağılımı Minimum Kazanım Kombinasyonları	7–5 gibi bir skoru kazanmak için gereken minimum kombinasyon sayısı hesaplanabilir.
Maç (Match)	2 set (kadınlar), 3 set (erkekler) kazanılır.	Kombinasyon Olasılık Ağacı	Örn: Bir oyuncunun 2-1 setle kazanması olasılığı: P=P(WLW)+P(LWW)+P(WLL)P = P(WLW) + P(LWW) + P(WLL)
Sayma Örneği (Game)	Oyuncu A: 4, Oyuncu B: 2 skorla kazanır.	Kombinasyon: C(5,2)=10C(5,2) = 10	Bu senaryo 10 farklı sıralamayla gerçekleşebilir. A son sayıyı kazanmalıdır.

Servis yönünün seçimi, rakiplerin zayıflıklarını ve performans verilerini analiz ederek önemli ölçüde etkilenir. İstatistiksel analiz, oyuncuların rakiplerinin eğilimlerine göre en etkili servis yönünü belirlemelerine yardımcı olur. Literatür, servis atmadaki taktiksel seçimlerin sporcuların hem psikolojik hem de beceriyle ilgili özellikleriyle iç içe olduğunu göstermektedir. Zihinsel imgelemenin performansı artırdığı, şut hassasiyetini iyileştirdiği ve özellikle tie-break gibi yüksek riskli durumlarda performans değişkenliğini azalttığı gösterilmiştir (Robin ve Dominique, 2022; Robin ve ark., 2023). Oyuncular, başarılı servis hareketlerini hayal ederek özgüvenlerini ve uygulamalarını artırabilir ve nihayetinde sahaaki stratejik seçimlerini etkileyebilirler.

Tie-break'ler sırasında karar alma süreci, bahislerin daha yüksek olduğu ve hata payının azaltıldığı özellikle önemlidir. Yük yönetimi stratejilerinin dahil edilmesi, tekrarlayan servislerle ilişkili fiziksel zorlanmaları en aza indirmeye yardımcı olabilir ve böylece maçlar boyunca oyuncu performansını korumak için kritik önem taşıyan yaralanma olasılığını azaltabilir (Colomar ve ark., 2023). Ayrıca, papyon analizi gibi risk yönetimi yöntemleri, maçlar sırasında farklı servis stratejileri ve çevre koşullarıyla ilişkili riskleri görselleştirmeye ve yönetmeye yardımcı olabilir (Abdi ve ve ark., 2016).

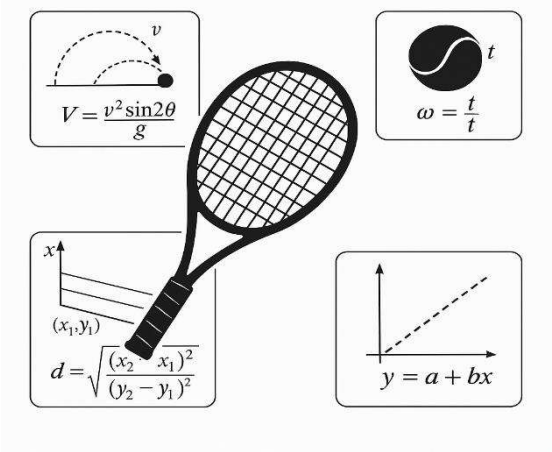


Resim 8. Matematiksel Formülasyonlar

Rakiplerin çeşitli servis yerleştirmelerine tepkileri ve servis yönüne ilişkin geçmiş performansları da dahil olmak üzere kapsamlı bir analizi, stratejik karar almayı geliştirecektir. Bu yaklaşım, maç istatistiklerinden toplanan veri odaklı içgörülerden yararlanarak oyuncuların risk ve performans ödüllerini dengeleyen bilinçli seçimler yapmalarını sağlar (Borderias ve ark., 2022). Bu unsurların sinerjisi - etkili servis teknikleri, zihinsel kondisyon, istatistiksel analiz ve kişisel uyum sağlama - profesyonel teniste başarılı bir stratejinin omurgasını oluşturur.

Tenis Skor Sistemi ve Sayma Teorisi

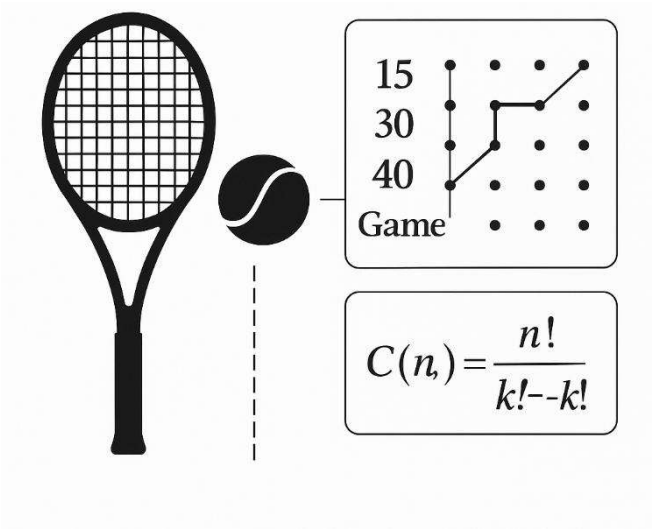
Tenis puanlama sistemi, oyunun dinamiklerini bilgilendiren ve hem rekabetçi dengeyi hem de stratejik derinliği mümkün kılan karmaşık bir çerçevedir. Bu sistemin temel bir yönü, tenis puanlarının bağımsız özdeş dağılımlı (iid) rastgele değişkenler olarak fikrini inceleyen Newton ve Keller tarafından tartışıldığı gibi, puanlama olasılıklarının matematiksel formülasyonudur; puanlar iid kriterlerini tam olarak karşılamasa da, bunları bu şekilde ele almanın birçok bağlamda yararlı bir yaklaşım olmaya devam ettiğini kabul etmişlerdir (Newton ve Keller, 2005). Bu içgörü, genel maç sonuçlarını belirlemede belirli puanların önemini vurgulayan ve böylece puanlama sistemini oyuncu stratejisine bağlayan Morris'in çalışmasıyla bağlantılıdır (Pollard ve Barnett, 2018; Croucher, 1986).



Resim 9. Matematiksel Formülasyonlar

Miles, tenis puanlama sistemlerinin etkinliğini değerlendirirken, bu sistemlerin ardışık istatistiksel testler olarak anlaşılabileceğini ileri sürdü; bu, tenis puanlama sistemini maç kazananlarını belirlerken binom olasılıklarının yaklaşık testleri olarak tanımlayan Pollard tarafından da yankılanan bir kavramdı (Pollard, 1988; Miles, 1984). Bu tür ölçümler, özellikle genel maç sonuçları için çok önemli olan maçların kritik aşamalarında oyuncu performansında bulunan stratejik karmaşıklıkları anlamada etkilidir (O'Donoghue, 2001).

Tenisteki skor çizgilerinin dinamikleri, özellikle sıklıkla önemli psikolojik ağırlık taşıyan kırılma noktaları gibi kritik noktalarla ilgili olarak oyuncu davranışlarını önemli ölçüde etkileyebilir. O'Donoghue'nin araştırması, bu temel puanları kazanma olasılığının yalnızca puanlama olasılığı ölçümlerine dayalı genel tahminlerden farklı olduğunu ve oyuncular ve koçlar için bu anlardaki taktiksel değişimlerin daha derin bir şekilde anlaşılmasını gerektirdiğini göstermektedir (O'Donoghue, 2001; Knight ve O'Donoghue, 2011).



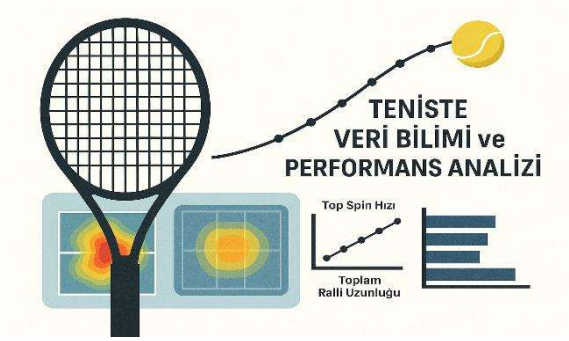
Resim 10. Matematiksel Sayma Teorisi

Çağdaş analitik yöntemlerin tenis puanlamasında uygulanması giderek daha ayrıntılı hale gelmiştir. Örneğin, Zhang ve diğerleri, servis olasılıkları ve maç momentumu gibi çeşitli faktörleri dikkate alarak performans ölçümlerini analiz etmek için makine öğrenimi tekniklerini kullanmış ve böyle puanlama olasılıkları hakkındaki anlayışımızı geliştirmiştir (Zhang ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024). Bu evrim, geleneksel istatistiksel modellerden daha gelişmiş, veri odaklı metodolojilere doğru bir geçişi yansıtmakta ve sporcuların maçlar sırasında kullandıkları stratejilerde devam eden iyileştirmeleri göstermektedir.

Puan faydası ve puanlama etkinliği kavramları yalnızca teorik değildir; rekabetçi strateji ve performans için somut çıkarımları vardır. Örneğin, Cooper ve Kennedy, sporcuların kortta yaptıkları sezgisel seçimleri bilgilendiren nicel bir çerçeve sağlayarak, optimum servis ve oyun stratejilerini açıklamak için matematiksel bir yaklaşım benimsedi (Cooper ve Kennedy, 2021). Toplu olarak, bu bulgular tenis puanlama sisteminin yalnızca sonuçları belirlemek için bir mekanizma olmadığını, aynı zamanda oyuncu taktiklerini ve stratejilerini etkileyen temel bir unsur olduğunu doğrulamaktadır.

Teniste Veri Bilimi ve Performans Analizi

Veri biliminin tenis performans analizine entegrasyonu, antrenörler ve analistler oyuncu verimliliğini ve maç sonuçlarını optimize etmeye çabaladıkça giderek daha fazla ilgi görüyor. Sporun hem teknik hem de taktik boyutlarıyla ilgili değerli içgörüler elde etmek için büyük veri, makine öğrenimi, biyomekanik ve performans analizi araçlarından yararlanan çeşitli metodolojiler ve çerçeveler geliştirildi.



Resim 11. Teniste Veri Bilimi ve Performans Analizi

Tenis performans analizinin önemli bir yönü, maç sonuçlarının önemli belirleyicileri oldukları için servis metriklerinin ayrıntılı incelenmesidir. Mecheri vd., servis performansının kazanma olasılıkları üzerindeki önemli etkilerini araştırarak, yüksek kaliteli verilerin sağlam bir yörünge yeniden yapılandırma yöntemi (Mecheri ve ark., 2016) aracılığıyla önceki bulguları çoğaltarak taktik kararları nasıl bilgilendirebileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, Gao ve Kowalczyk, servis gücünü maç sonuçlarının kritik bir öngörücüsü olarak belirlemiş ve servis yeteneklerini analiz etmenin önemini vurgulamıştır (Gao ve Kowalczyk, 2021). Servis analizinde makine öğrenimi tekniklerinin uygulanması, bu teknolojilerin tahmini analizler ve temel göstergelerin değerlendirilmesi yoluyla oyuncu eğitimini ve performans stratejilerini nasıl optimize etmeye yardımcı olduğunu vurgulayan sistematik incelemelerde vurgulanmıştır (Sampaio ve ark., 2024, Vives ve ark., 2023).

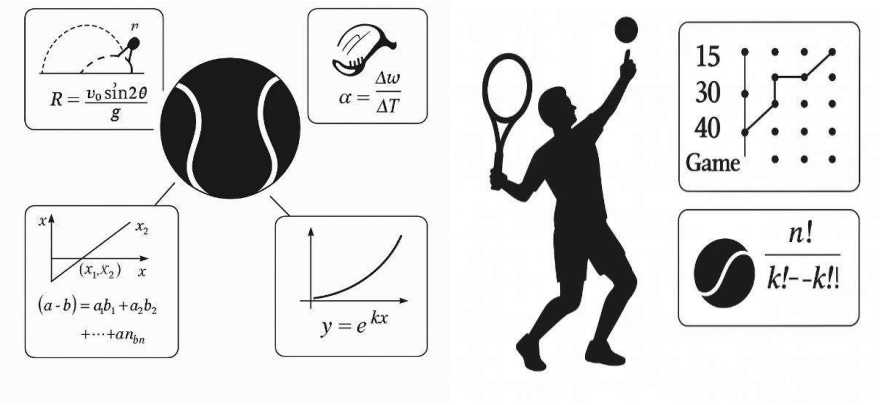
Kolman ve arkadaşları, tenis performansının daha geniş yelpazesini ele alarak, hem teknik hem de taktik becerilere odaklanan sistematik bir inceleme yürütmüş ve oyuncu performansını analiz ederken bireysel yetenekleri, görev gereksinimlerini ve çevresel kısıtlamaları dikkate almanın gerekliliğini doğrulamıştır (Kolman ve ark., 2018). Bu çerçeve, oyuncular arasında hareket stillerini kategorize etmek için hiyerarşik bir kümeleme yaklaşımı kullanan Giles ve arkadaşlarının bulgularıyla uyumludur ve değişen koşullar altında taktiksel karar vermeyi de içerecek şekilde salt tekniğin ötesine uzanan performansın çok boyutlu doğasını vurgulamaktadır (Giles ve ark., 2021). Ek olarak, giyilebilir teknolojideki son gelişmeler, araştırmacıların gerçek zamanlı olarak dinamik performans ölçümleri çıkarmasına olanak tanıyarak, Wu ve arkadaşlarının vuruşları sınıflandırmak için MEMS sensör verilerinin etkinliğini vurguladığı gibi, yarışmalar sırasında oyuncu stratejileri ve fitness seviyeleri hakkında daha ayrıntılı bir anlayış sağlamayı kolaylaştırmaktadır (Wu ve ark., 2021).

Makine öğreniminin rolü, oyuncu performans analizini ilerletmede çok önemli olmuştur. Örneğin, Sampaio ve ark. tarafından yapılan sistematik bir inceleme, makine öğreniminin uygulamalarının yetenek tanımlama ve teniste sakatlık tahmini gibi çeşitli kritik alanları kapsadığını, ancak birçok uygulamanın henüz yeterince araştırılmadığını göstermiştir (Sampaio ve ark., 2024). Dahası, Qing'in araştırması, amatörden profesyonele kadar çeşitli oyuncu bağlamlarında veri odaklı karar almaya doğru gelişen manzarayı vurgulayarak, ATP Turu'nda oyuncu performansını analiz etmede makine öğrenimine odaklanmıştır (Qing, 2024). Maçlar sırasında taktik kararları optimize etmek için takviyeli öğrenmeyi kullanan araçlar, yapay zekanın operasyonel stratejilere en son entegrasyonunu temsil ederek oyuncuların oyun içi dinamiklere uyum sağlama ve akıllıca yanıt verme yeteneklerini geliştirmektedir (Chen, 2024).

Tenis Eğitimde Matematik Kullanımı

Matematik, etkili tenis eğitimi stratejileri geliştirmede önemli bir rol oynar. Özellikle, matematiksel modeller ve istatistiksel analiz, tenis eğitimi bağlamında öğretim yöntemlerini, vuruş mekaniğini ve performans

değerlendirmelerini iyileştirmek için uygulanır. Örneğin, bulanık matematik, tenis dahil olmak üzere beden eğitiminde eğitim sürecini geliştirebilecek öğretim sistemleri oluşturmak için sistematik bir yaklaşım sunar (Zhao, 2024). Bu yaklaşım, tenis eğitimini etkileyen çeşitli faktörlerin ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasını sağlayarak eğitimcilerin öğrenciler için öğrenme deneyimini optimize etmelerine rehberlik eder.



Resim 12. Matematiksel Sayma Teorisi

Tenis eğitiminde, matematiksel kavramların uygulanması teorik çerçevelerin ötesine uzanır. Teniste Ortak İçerik Bilgisi ölçüsü gibi nicel ölçümler, tenis müfredatının etkinliğini doğrulamak için Rasch modeli ve Cronbach'ın alfa gibi istatistiksel yöntemleri kullanır (Tsuda ve ark., 2021). Bu, eğitimcilerin öğretim hedeflerini değerlendirme teknikleriyle uyumlu hale getirmelerine olanak tanır ve gelecekteki tenis öğretmenlerinin etkili bir şekilde eğitim vermek için gerekli bilgi ve becerilere sahip olmalarını sağlar.

Tablo 3. Tenis Eğitimde Matematik Kullanımı

Alan	Matematiksel Kavram ve Formül	Uygulama / Örnek	Performansa Katkısı
Oyun Skoru ve Olasılık	**Kombinasyon: C(n,r)=n!r!(n−r)!C(n, r) = \frac{n!}{r!(n-r)!} Olasılık: P=I˙stenen DurumTu¨m Durumlar P = \frac{\text{İstenen Durum}}{\text{Tüm Durumlar}}**	Tie-break'te 7–5 skoru için olası dizilim sayısı: C(11,5)C(11,5)	Skor senaryolarının modellenmesi ve stratejik hazırlık
Hız ve Süre Hesaplamaları	**Ortalama Hız: v=dtv = \frac{d}{t} İvmeli Hareket: v=v0+atv = v_0 + at**	Topun servis sonrası yere ulaşma süresinin hesaplanması	Vuruş zamanlaması ve pozisyon alma gelişimi
Topun Yörüngesi ve Menzili	**Parabolik Hareket: R=v2sin⁡(2θ)gR = \frac{v^2 \sin(2\theta)}{g}**	Servis açısına göre topun korttaki düşme noktasının belirlenmesi	Açı optimizasyonu ile isabet yüzdesinin artırılması
Spinli Vuruşlar ve Dönme Analizi	**Açısal Hız: ω=θt\omega = \frac{\theta}{t} Çevresel Hız: v=ω·rv = \omega \cdot r**	Spinli forehand vuruşunda topun yön değiştirme potansiyelinin belirlenmesi	Vuruş çeşitliliği ve yön kontrolü
Oyuncu Hareketi ve Konum Analizi	**Vektörel Mesafe: d⃗=(x2−x1)2+(y2−y1)2\vec{d} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} Hız Vektörü: v⃗=Δx⃗Δt\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}**	Oyuncunun baseline'dan fileye koşu süresi ve yönü	Kort içi pozisyonlanma stratejisi geliştirme
Performans Regresyonu	**Lineer Model: y=a+bxy = a + bx Çoklu Regresyon: y=a+b1x1+b2x2+…y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots**	Servis hızı ve oyun kazanma oranı arasındaki ilişki analizi	İstatistik temelli bireysel antrenman planı
Strateji Gelişimi ve Karar Modelleri	**Oyun Teorisi Matrisi: 2x2 payoff matrisi Karar Ağacı Algoritmaları**	Rakibin zayıf yönüne göre slice/flat tercih oranı belirleme	Raket seçiminden vuruş yönüne kadar optimizasyon

Teniste, matematiksel modellemeden önemli ölçüde yararlanan performans analizi, farklı performans seviyeleriyle ilgili teknik ve taktik becerilere odaklanan çalışmalarda gösterilmiştir (Kolman ve ark., 2018). Göreve özgü değişkenlerin, çevrenin ve bireysel yeteneklerin dikkate alınmasını gerektiren Newell'in kısıtlamalara dayalı yaklaşımının kullanılması, teniste performansın kapsamlı bir analizini kolaylaştırır. Bu tür metodolojiler, oyuncu becerileri, çevre koşulları ve vuruşların teknik uygulanması arasındaki karmaşık etkileşimi açıklığa kavuşturmaya yardımcı olur ve böylece koçluk stratejilerini ve sporcu gelişimini geliştirir.

Kablosuz sensörleri kullanan hareket deseni tanıma sistemleri üzerine yapılan araştırmalar, matematiği atletik hareketlerin analizine entegre etmek için bir çerçeve sağlar. Bu sistemlerin etkinliğini değerlendirmek için istatistiksel yöntemler kullanarak, eğitimciler tenis eğitim metodolojilerini iyileştirebilir ve öğrenci sonuçlarını iyileştiren veri odaklı müdahaleler yaratabilirler (Ruan ve Zhang, 2022). Bu bulgular, matematiğin tenis eğitiminin teknik yönlerini anlama ve iyileştirme üzerindeki dönüştürücü etkisini göstermektedir.

Tenis eğitiminde öğretim yöntemlerinin katmanlandırılması, öğrencilerin bilişsel gelişim seviyelerini hesaba katarak daha yapılandırılmış bir yaklaşımı destekler. Öğretim etkinliğini değerlendirmek için istatistiksel analiz kullanan teknikler, farklı öğrenci yeteneklerine ve öğrenme stillerine hitap eden ayarlamalara izin verir ve sonuçta kapsayıcı ve etkili bir öğrenme ortamı teşvik eder (Ma ve ark., 2023).

Tablo 4. Tenis Eğitimde Matematik Kullanımı-2

Kullanım Alanı	Matematiksel Kavram / Yöntem	Örnek Uygulama	Eğitime Katkısı
Vuruş Hızı ve Süre	Oran-Orantı, Hız-Zaman Formülü (v=dt)(v = \frac{d}{t})	Topun raketten çıktıktan sonra yere ulaşma süresini hesaplama	Oyuncunun refleks geliştirme süresini planlama
Top Yörüngesi ve Açı Hesapları	Trigonometri, Parabolik Hareket, Sinüs Fonksiyonu	Servis açısının kort içindeki yere etkisi (R=v2sin⁡(2θ)g)(R = \frac{v^2 \sin(2\theta)}{g})	Doğru fırlatma açısı ve spin optimizasyonu öğretimi
Skor Sisteminin Analizi	Kombinasyon, Olasılık, Sayma Teorisi	Tie-break'te kazanma olasılığı analizi	Karar verme stratejilerini öğretme
Top Spin ve Dönme Analizi	Açısal Hız, Dönme Sayısı (RPM), Çevresel Hız	Spinli topun yere çarptıktan sonraki yön değişiminin hesaplanması	Vuruş çeşitliliğini anlama ve uygulama
Hareket Analizi	Koordinat Sistemi, Vektörler, Geometri	Oyuncunun korttaki konumu ve vuruş noktası arasında mesafe analizi	Mekânsal farkındalık ve zamanlama gelişimi
Antrenman Planlaması	İstatistiksel Ortalama, Grafik Okuma, Zaman Yönetimi	Servis başarı yüzdesine göre antrenman yoğunluğu belirleme	Kişisel gelişimi sayısal olarak izleme
Puanlama Eğitimi	Ardışık Sayılar, Aritmetik Dizi	15-30-40 skor sisteminin mantıksal açıklaması	Skor sistemi üzerinden matematiksel düşünme gelişimi
Maç Taktik Simülasyonu	Matrisler, Oyun Teorisi, İhtimaller	Rakibe göre vuruş tercih yüzdelerinin değerlendirilmesi	Taktiksel karar verme becerilerinin gelişimi

Özetle, matematik tenis eğitimiyle karmaşık bir şekilde iç içe geçerek öğretim yöntemlerini optimize etmek, performansı değerlendirmek ve eğitimi çeşitli öğrenci ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlamak için temel araçlar sağlar. Matematiksel çerçeveler ve analizler uygulamak yalnızca tenise yönelik pedagojik yaklaşımı geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda sporcuların tam potansiyellerine ulaşmalarını da destekler.

SONUÇ

Matematik, tenis sporunda hem oyunun stratejik yönlerini hem de oyuncuların teknik gelişimini etkileyerek önemli bir rol oynar. Matematiksel modellerin tenise entegre edilmesi, oyuncuların ve koçların performansı analiz etmelerine ve maç sonuçlarını etkili bir şekilde tahmin etmelerine olanak tanır. Örneğin, O'Donoghue'nin çalışması, Grand Slam maçları sırasında önemli noktaları belirlemenin önemini vurgulayarak, matematiksel modellerin oyuncu istatistiklerine dayalı olarak puan sonuçlarıyla ilişkili olasılıkları ortaya çıkarabileceğini belirtir (O'Donoghue, 2001). Bu istatistiksel analiz, performansı artırmak için eğitim ve stratejilerin uyarlanmasında etkilidir.

Sinir ağları gibi gelişmiş modellerin kullanımı, matematiğin rekabetçi durumlarda skor eğilimleri ve oyuncu momentumu dahil olmak üzere maç dinamiklerini nasıl tahmin edebileceğini göstermektedir. Bian ve diğerleri, maçlardaki "momentumu" değerlendirmek için bir model oluşturarak, oyuncu performansındaki dalgalanmaların maç sonuçlarını tahmin etmek için nicel olarak nasıl analiz edilebileceğini ortaya koymuştur (Bian ve ark., 2024). Bu, oyuncuların sadece psikolojik ve fizyolojik kısıtlamalarını anlamalarına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda oyun boyunca taktiksel karar vermeyi de geliştirir.

Servis başarı oranları ve puan kazanma olasılıklarını içeren oyun istatistikleri, çıkarımsal ve makine öğrenmesi teknikleri ile analiz edilebilir. Bozděch ve diğerleri, maç sonuçlarını tahmin etmede ayrıntılı veri analizinin önemini vurgulayarak, bu metrikleri anlamanın etkili oyun stratejileri geliştirmek için elzem olduğunu vurgulamaktadır (Bozděch ve ark., 2024). Benzer şekilde, Knight ve O'Donoghue'nin çalışması, skor baskısının oyuncu performansı

üzerindeki etkisini vurgulayarak, maçlardaki belirli puanların oyun sonuçlarında önemli faktörler olarak önemini desteklemektedir (Knight ve O'Donoghue, 2011).

Matematik sadece performans analizinin ötesinde kullanılır; teknik eğitimde de temeldir. Biyomekanik analiz gibi teknikler, vuruş verimliliğini artırmak için matematiksel prensipleri uygular ve oyuncuların hareketlerini nicel geri bildirime göre optimize etmelerine olanak tanır. Matematiksel modellemenin eğitim rejimlerine entegre edilmesi, oyuncuların eylemlerini ve stratejilerini değerlendirmek için yapılandırılmış bir araç sağladığı için oyuncuların teknik becerilerini iyileştirebilir (Chen, 2022; Li ve Liu, 2013).

Sonuç olarak, matematik; performans analizi, maç tahmini ve teknik eğitim için bir çerçeve sunarak tenisin anlaşılmasını, stratejisini ve uygulanmasını geliştirir ve sonuç olarak sporun evrimine ve oyuncuların başarısına katkıda bulunur.

KAYNAKÇA

Abdi, Z., Ravaghi, H., Abbasi, M., Delgoshaei, B., & Esfandiari, S. (2016). Application of bow-tie methodology to improve patient safety. International Journal of Health Care Quality Assurance, 29(4), 425-440. https://doi.org/10.1108/ijhcqa-10-2015-0121

Bayer, D., Ebert, M., & Leser, R. (2017). A comparison of the playing structure in elite kids tennis on two different scaled courts. International Journal of Performance Analysis in Sport, 17(1-2), 34-43. https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1303977

Bian, H., Ni, S., & Liu, Y. (2024). Prediction of potential energy on player scoring trend in tennis match based on hopfield neural network model. Highlights in Science, Engineering and Technology, 115, 312-320. https://doi.org/10.54097/9emvr219

Bilić, Z., Očić, M., Dukarić, V., Petrinović, L., & Barbaros, P. (2025). Effects of physiological load on kinematic variables related to tennis serve performance. Sports, 13(7), 197. https://doi.org/10.3390/sports13070197

Borderias, M., Crespo, M., Martí-nez-Gallego, R., & Baiget, E. (2022). Comparison of the game structure and point ending during grand slam women's doubles tennis. International Journal of Sports Science &Amp; Coaching, 18(4), 1248-1255. https://doi.org/10.1177/17479541221098226

Bozděch, M., Puda, D., & Grasgruber, P. (2024). A detailed analysis of game statistics of professional tennis players: an inferential and machine learning approach. Plos One, 19(11), e0309085. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309085

Chapelle, L., Tassignon, B., Aerenhouts, D., & Zinzen, E. (2022). Influence of scaling on match play characteristics in youth tennis: a systematic review. International Journal of Sports Science &Amp; Coaching, 18(5), 1726-1734. https://doi.org/10.1177/17479541221116875

Chen, H. (2022). A data mining-based model for evaluating tennis players' training movements. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2022(1). https://doi.org/10.1155/2022/8950732

Chen, H. (2024). Reinforcement learning algorithm to optimize players' tactical decisions and round planning in tennis matches. Journal of Electrical Systems, 20(6s), 2102-2112. https://doi.org/10.52783/jes.3125

Colomar, J., Baiget, E., & Corbi, F. (2020). Influence of strength, power, and muscular stiffness on stroke velocity in junior tennis players. Frontiers in Physiology, 11. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00196

Colomar, J., Peña, J., Vicens-Bordas, J., & Baiget, E. (2023). Minimizing maladaptations derived from tennis serve training and competition loads. Strength &Amp; Conditioning Journal, 46(5), 511-519. https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000824

Cooper, C. and Kennedy, R. E. (2021). Expected length and probability of winning a tennis game. The Mathematical Gazette, 105(564), 490-500. https://doi.org/10.1017/mag.2021.117

Croucher, J. (1986). The conditional probability of winning games of tennis. Research Quarterly for Exercise and Sport, 57(1), 23-26. https://doi.org/10.1080/02701367.1986.10605384

Fernández-Fernández, J., García-Tormo, V., Ruano, F. J. S., Teixeira, A. S., Nakamura, F. Y., Granacher, U., … & Rivas, D. S. (2020). The effect of a neuromuscular vs. dynamic warm-up on physical performance in young tennis players. Journal of Strength and Conditioning Research, 34(10), 2776-2784. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003703

Fernández-Fernández, J., Loturco, I., Pereira, L. A., Coso, J. D., Areces, F., Gallo-Salazar, C., … & Rivas, D. S. (2020). Change of direction performance in young tennis players: a comparative study between sexes and age categories. Journal of Strength and Conditioning Research, 36(5), 1426-1430. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003484

Filipčić, A., Zecic, M., Reid, M., Crespo, M., & Panjan, A. (2015). Untitled. Journal of Physical Education and Sport, 2015(04). https://doi.org/10.7752/jpes.2015.04102

Fitzpatrick, A., Davids, K., & Stone, J. (2016). Effects of lawn tennis association mini tennis as task constraints on children's match-play characteristics. Journal of Sports Sciences, 35(22), 2204-2210. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1261179

Gao, Z. and Kowalczyk, A. (2021). Random forest model identifies serve strength as a key predictor of tennis match outcome. Journal of Sports Analytics, 7(4), 255-262. https://doi.org/10.3233/jsa-200515

Giles, B., Peeling, P., Kovalchik, S., & Reid, M. (2021). Differentiating movement styles in professional tennis: a machine learning and hierarchical clustering approach. European Journal of Sport Science, 23(1), 44-53. https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2006800

Giménez-Egido, J. M., Ortega, E., Andrés, J. M. P., Verdú, I., & Torres-Luque, G. (2020). Effect of modification rules in competition on technical–tactical action in young tennis players (under-10). Frontiers in Psychology, 10. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02789

Girard, O., Eicher, F., Fourchet, F., Micallef, J., & Millet, G. P. (2007). Effects of the playing surface on plantar pressures and potential injuries in tennis. British Journal of Sports Medicine, 41(11), 733-738. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.036707

Göktepe, A., Karabörk, H., & Kocaman, E. (2010). An examination of the differences in the angles created in the lower and upper extremities during tennis serves by male and female players. Proceedings of the 1st International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, 19-20 October 2010, 369-374. https://doi.org/10.15221/10.369

Kilit, B., Arslan, E., Soylu, Y., & Morais, J. E. (2023). The effect of ball compression and scale court sizes on learning tennis skills of beginner adult tennis players. Acta Gymnica, 53. https://doi.org/10.5507/ag.2023.010

Knight, G. and O'Donoghue, P. (2011). The probability of winning break points in grand slam men's singles tennis. European Journal of Sport Science, 12(6), 462-468. https://doi.org/10.1080/17461391.2011.577239

Kolman, N., Kramer, T., Elferink-Gemser, M. T., Huijgen, B., & Visscher, C. (2018). Technical and tactical skills related to performance levels in tennis: a systematic review. Journal of Sports Sciences, 37(1), 108-121. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1483699

Koya, N., Kitamura, T., & Takahashi, H. (2022). Prediction of service performance based on physical strength in elite junior tennis players. Frontiers in Psychology, 13. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.898224

Laurie, H. W. S. and Penne, R. (2004). Projective geometry of human motion, with an application to injury risk. SIAM Journal on Applied Mathematics, 65(2), 702-719. https://doi.org/10.1137/s0036139903429658

Li, F. and Liu, L. (2013). Tennis forehand stroke action of biological mechanics analysis. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 5(18), 4590-4593. https://doi.org/10.19026/rjaset.5.4379

Li, F., Yang, Q., & Bing, Z. (2017). Tennis players comprehensive ability evaluation. 2016 National Convention on Sports Science of China, 01004. https://doi.org/10.1051/ncssc/201701004

Ma, Y., Dai, Y., & DongJin, H. (2023). Study on the application of layered teaching method in college tennis teaching. Journal of Education and Educational Research, 6(3), 186-188. https://doi.org/10.54097/5dmwvj97

Maquirriain, J. and Baglione, R. (2015). Epidemiology of tennis injuries: an eight-year review of davis cup retirements. European Journal of Sport Science, 16(2), 266-270. https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1009493

Martin, C., Thévenet, D., Zouhal, H., Mornet, Y., Delès, R., Crestel, T., … & Prioux, J. (2011). Effects of playing surface (hard and clay courts) on heart rate and blood lactate during tennis matches played by high-level players. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(1), 163-170. https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181fb459b

Mecheri, S., Rioult, F., Mantel, B., Kauffmann, F., & Benguigui, N. (2016). The serve impact in tennis: first large-scale study of big hawk-eye data. Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal, 9(5), 310-325. https://doi.org/10.1002/sam.11316

Miles, R. E. (1984). Symmetric sequential analysis: the efficiencies of sports scoring systems (with particular reference to those of tennis). Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology, 46(1), 93-108. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1984.tb01281.x

Moreno-Pérez, V., Hernández-Davó, J. L., Nakamura, F. Y., López-Samanés, Á., Jiménez-Reyes, P., Fernández-Fernández, J., … & Behm, D. G. (2021). Post-activation performance enhancement of dynamic stretching and heavy load warm-up strategies in elite tennis players. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 34(3), 413-423. https://doi.org/10.3233/bmr-191710

Myburgh, G. K., Cumming, S. P., Coelho-e-Silva, M. J., Cooke, K., & Malina, R. M. (2016). Maturity-associated variation in functional characteristics of elite youth tennis players. Pediatric Exercise Science, 28(4), 542-552. https://doi.org/10.1123/pes.2016-0035

Newton, P. K. and Keller, J. B. (2005). Probability of winning at tennis i. theory and data. Studies in Applied Mathematics, 114(3), 241-269. https://doi.org/10.1111/j.0022-2526.2005.01547.x

O'Donoghue, P. (2001). The most important points in grand slam singles tennis. Research Quarterly for Exercise and Sport, 72(2), 125-131. https://doi.org/10.1080/02701367.2001.10608942

Pollard, G. (1988). A stochastic analysis of scoring systems. Bulletin of the Australian Mathematical Society, 38(2), 317-319. https://doi.org/10.1017/s000497270002760x

Pollard, G. and Barnett, T. (2018). Some new 'short games' within a set of tennis. International Journal of Computer Science in Sport, 17(1), 67-76. https://doi.org/10.2478/ijcss-2018-0003

Qing, Y. (2024). Machine learning-based player performance analysis for association of tennis professionals tour. Highlights in Science, Engineering and Technology, 94, 56-61. https://doi.org/10.54097/k84mdj10

Robin, N. and Dominique, L. (2022). Mental imagery and tennis: a review, applied recommendations and new research directions. Movement &Amp; Sport Sciences - Science &Amp; Motricité, (127), 57-75. https://doi.org/10.1051/sm/2022009

Robin, N., Carien, R., Ouarti, Y., & Dominique, L. (2023). Beneficial effects of imagination of successful action after an actual error on baseline performances in non-expert tennis players.. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3563503/v1

Ruan, H. and Zhang, X. (2022). Optimization of a wireless sensor-based tennis motion pattern recognition system. Journal of Sensors, 2022, 1-12. https://doi.org/10.1155/2022/6232267

Sampaio, T., Oliveira, J. P., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Morais, J. E. (2024). Applications of machine learning to optimize tennis performance: a systematic review. Applied Sciences, 14(13), 5517. https://doi.org/10.3390/app14135517

Sánchez-Pay, A., Ramón-Llín, J., Martí-nez-Gallego, R., Rivas, D. S., Martínez, B. J. S., & Frutos, S. (2021). Fitness testing in tennis: influence of anthropometric characteristics, physical performance, and functional test on serve velocity in professional players. Plos One, 16(11), e0259497. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259497

Sinkovic, F., Novak, D., Foretić, N., & Zemková, E. (2023). The effects of biological age on speed-explosive properties in young tennis players. Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 8(2), 48. https://doi.org/10.3390/jfmk8020048

Taraborrelli, L., Choppin, S., Haake, S., Mohr, S., & Allen, T. (2021). Effect of materials and design on the bending stiffness of tennis rackets. European Journal of Physics, 42(6), 065005. https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac1146

Taraborrelli, L., Grant, R. A., Sullivan, M., Choppin, S., Spurr, J., Haake, S., … & Allen, T. (2019). Materials have driven the historical development of the tennis racket. Applied Sciences, 9(20), 4352. https://doi.org/10.3390/app9204352

Timmerman, E. A., Water, J. d., Kachel, K., Reid, M., Farrow, D., & Savelsbergh, G. J. (2014). The effect of equipment scaling on children's sport performance: the case for tennis. Journal of Sports Sciences, 33(10), 1093-1100. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986498

Tsuda, E., Ward, P., Kim, J., He, Y., Sazama, D., & Brian, A. (2021). The tennis common content knowledge measure validation. European Physical Education Review, 27(3), 654-665. https://doi.org/10.1177/1356336x20982629

Vives, F., Lázaro, J., Luján, J. F. G., Martí-nez-Gallego, R., & Crespo, M. (2023). Optimizing sporting actions effectiveness: a machine learning approach to uncover key variables in the men's professional doubles tennis serve. Applied Sciences, 13(24), 13213. https://doi.org/10.3390/app132413213

Wu, M., Wang, R., Hu, Y., Fan, M., Wang, Y., Li, Y., & Wu, S. (2021). Invisible experience to real-time assessment in elite tennis athlete training: sport-specific movement classification based on wearable mems sensor data. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology, 237(4), 271-282. https://doi.org/10.1177/17543371211050312

Zhang, J., Tang, K., & Zhu, X. (2024). Research on the role and influencing factors of momentum in tennis matches based on linear conditional probability model and support vector machine. Highlights in Science, Engineering and Technology, 93, 325-333. https://doi.org/10.54097/nfzabs41

Zhao, W. (2024). Analysis of the construction of tennis technology teaching system in physical education based on fuzzy mathematics. Journal of Electrical Systems, 20(6s), 672-682. https://doi.org/10.52783/jes.2721

https://www.usta.com/es/home/improve/gear-up/national/find-the-right-tennis-level-for-you.html#tab=tournaments

https://www.networldsports.es/guias-de-compradores/guia-de-tamanos-de-pista-de-tenis

https://m.best10.cc/category.php/cuales+son+las+medidas+de+una+cancha+de+tenis/?v=bc_v2_1_1