

агрегируются. Такое хранилище легче расширяется и за счет атомарности данных может быть использовано при возникновении новых вопросов для анализа, так как хранит данные в неагрегированном виде.

Подход Кимбалла заключается в построении хранилища на основе схемы «звезда» или «снежинка» с денормализованными данными и слабой детализацией. Денормализация данных позволяет упростить и ускорить процесс построения отчетности, являющийся завершающим этапом построения BI-решения.

В настоящее время популярен подход объединения концепций Инмона и Кимбалла для использования преимуществ обоих.

Так, например, для построения отчетности в большинстве случаев предпочтительным является представление данных в денормализованном и агрегированном виде, так как выполнение данных операций во многих инструментах построения отчетности требует большого количества времени и вынуждает пользователя отчета ждать окончания расчета для отображения визуализаций. Кроме того, зачастую инструменты построения отчетности имеют достаточно ограниченный набор калькуляций и функционал объединения данных. Однако в условиях быстрого изменения окружающего мира у организаций постоянно возникают новые вопросы, требующие анализа, поэтому расширяемость хранилища также имеет большое значение.

Таким образом, хранилище данных позволяет сохранить историчность данных, необходимую для анализа, представить данные в наиболее удобном виде, снять нагрузку, связанную с аналитикой, с транзакционной базы данных, упростить и ускорить процесс построения отчетности.

**Список использованных источников:**

1. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling, Third Edition. – Indianapolis, 2013. – P. 27.
2. "What is a Data Warehouse?" W.H. Inmon, Prism, Volume 1, Number 1.

## **ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА НА РЕЗУЛЬТАТ ТЕННИСНОГО МАТЧА**

*Канунников И.С.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Парамонов А.И. – к. т. н., доцент*

В работе приводится исследование по влиянию на результат теннисного матча таких характеристик игрока как рост, вес и возраст. Выполнен анализ динамики изменения указанных характеристик для игроков топ-10 мирового рейтинга. Сформулированы выводы о влиянии рассмотренных показателей на итоговый результат матча. Введен ряд новых величин, которые характеризуют интенсивность игровой нагрузки и времени на восстановление между матчами.

В научно-методической литературе по теннису не выявлены характерные особенности телосложения современных лучших теннисистов мира, хотя антропометрические данные спортсмена существенно влияют на спортивный результат. Цель данной работы сводится к установлению тенденций изменения антропометрических показателей профессиональных теннисистов мира за прошедшие годы 21 века и их влияние на спортивный результат.

В работе ставилась задача провести сравнение средних антропометрических показателей (возраста, роста, массы, индекса массы тела и других показателей) лучших теннисистов-профессионалов среди мужчин 2018 года и найти статистическую связь антропометрических показателей с рейтингом и скоростью подачи.

Рост и вес – одни их важнейших антропометрических показателей человека. Профессиональным спортсменам, в том числе и теннисистам, критически важно следить за данными параметрами своего тела и держать их в соответствии друг другу. Практика показывает, что рассматривать данные показатели отдельно друг от друга малоэффективно. Для оценки соответствия веса и роста человека существует показатель «Индекса массы тела» – ИМТ (body mass index - BMI). Данный показатель рассчитывается по формуле (1).

$$BMI = \frac{m}{h^2}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса тела в килограммах,  $h$  – рост в метрах. [1,2]

В 2014 году Francis KH Wong, Jackie HK Keung, Newman ML Lau и другие [3] опубликовали исследование, в котором изучалось в том числе и влияние ИМТ на скорость подачи в теннисе.

Ученые пришли к следующим выводам: возраст, продолжительность тренировок и рост игрока не имеют значительной корреляции со скоростью подачи; ИМТ значительно ( $r = 0.577$ ;  $p < 0.05$ ) коррелирует со скоростью подачи. Теннисисты с ИМТ  $20,45 \pm 2.57 \text{ кг/м}^2$  имеют скорость подачи до  $150 \text{ км/ч}$ . Теннисисты с ИМТ  $23,87 \pm 1.89 \text{ кг/м}^2$  имеют скорость подачи выше  $150 \text{ км/ч}$ .

В работе собрана и проанализирована информация по росту и весу игроков топ-10 мирового рейтинга АТР по итогам сезонов 2000-2018 гг. (на дату 13.10.2018). Информация бралась с официального сайта АТР. [4] Анализировались следующие 3 фактора: индекс массы тела, вес, рост. Исследовалось для 4 состояний: 1-я ракетка мира, Среднее среди топ-10, Максимальное среди топ-10, Минимальное среди топ-10. В результате был найден «идеальный» теннисный ИМТ  $23.89 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ . Влияние показателя ИМТ было оценено по формуле (2).

$$P = 1 - \left| \frac{BMI_i - BMI_{ideal}}{BMI_{ideal}} \right| = 1 - \left| \frac{BMI_i - 23.89}{23.89} \right|, \quad (2)$$

где  $BMI_i$  – индекс массы тела  $i$ -го игрока.

На сегодняшний день теннисные аналитики и журналисты отмечают, что современные профессиональные теннисисты в среднем старше, чем когда бы то ни было ранее. [6-10] В 2016 г средний возраст в мужском теннисном туре был 27.7 лет – наибольший за всю историю тура. [5] Средний возраст окончания карьеры в теннисе – 30-33 года. [14] В работе введено понятие «пиковый теннисный возраст» - возраст, когда теннисист показывает максимальные игровые результаты. Данное значение получилось равным 26.75 лет.

Влияние показателя возраста игрока было оценено по формуле (3).

$$P_{\text{вз}} = 1 - \left| \frac{age_i - PeakAge_{30+}}{PeakAge_{30+}} \right| = 1 - \left| \frac{age_i - 26.75}{26.75} \right|, \quad (3)$$

где  $age_i$  – возраст  $i$ -го игрока.

Введено понятие игровой нагрузки – суммарное время на корте за турнир. Теннисные матчи у мужчин на турнирах большого шлема играют до побед в трех сетах, то есть максимально возможное количество сетов в матче равно пяти. В настоящее время продолжительность теннисного матча на турнирах большого шлема у мужчин достигает шести и более часов. Учитывая, что в основной сетке необходимо *выиграть семь матчей*, чтобы победить в Турнире Большого Шлема, то суммарное время пребывания спортсменов на корте может намного превысить двузначную отметку в часах.

Введено понятие времени на восстановление между турнирами - фактическое время отдыха (в неделях) игроков разных возрастных групп. Восстановление сил между турнирами очень важно для продуктивного выступления теннисистов на последующих соревнованиях. В зависимости от возраста, человеческому организму требуется различное время для восстановления. Для того, чтобы установить, сколько времени требуется на восстановление теннисистам топ-10 различных возрастных категорий условно разделили всех игроков на три возрастные категории: до 25 лет, 25-30 лет, 30+ лет. Для каждой категории взяты наиболее успешные представители в рейтинге в данный момент и проверены их результаты за сезон 2018г (на дату 08.10.2018). Для анализа пользовались данные из источников [11-13].

Введено понятие непрерывной игровой нагрузки – средняя нагрузка между периодами отдыха. В 2013 г Tuomo Ojala and Keijo Häkkinen исследовали [15] влияние 3-дневного теннисного турнира на физическую активность, гормональные реакции и тонус мышц. Помимо прочего ученые сделали вывод, что даже через 48 часов после окончания турнира организм спортсменов не восстановился полностью. Для того, чтобы установить среднюю нагрузку между периодами отдыха у теннисистов топ-10 различных возрастов, все игроки были условно разделены на 3 возрастные категории: до 25 лет, 25-30 лет, 30+ лет. Для каждой категории был взят наиболее успешный представитель в рейтинге в данный момент и проверены его результаты за сезон 2018г (на дату 08.10.2018). Моделирование показало рост показателя непрерывной игровой нагрузки с возрастом от 524,6 минут (для возрастной группы до 25 лет) до 823.9 минут (для возрастной группы 30+ лет.)

Введено понятие предельной игровой нагрузки - такой суммарной продолжительности времени на корте без учета периодов отдыха, после которой игрок снимется с матча ввиду травмы или иного недомогания. Отсчет суммы ведется с момента последнего снятия с матча. Как правило, после снятий с игр спортсмены делают длительные перерывы для восстановления здоровья. Проанализировав, как сказывается суммарное время, проведенное на корте, на снятиях с матчей спортсменов в сезоне 2018г на дату 08.10.2018, получены цифры 2541,3 минуты для возрастной группы 25-30 лет и 3295,5 минут для возрастной группы 30+ лет.

В работе показаны закономерности изменения роста, веса и ИМТ у теннисистов топ-10 мирового рейтинга, проанализирован возраст игроков Тура и введен ряд новых величин, характеризующих интенсивность игровой нагрузки и времени на восстановление между матчами.

Исследование будет представлять интерес для игроков и тренеров для составления годового календарного плана спортсмена и планирования игровых нагрузок и восстановительных мер.

Данное исследование будет продолжено для моделирования результата матча на основе предыгровых показателей.

**Список использованных источников:**

1. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review, Frank Q. Nuttall, Nutr Today. 2015 May; 50(3):, 117–128. Published online 2015 Apr 7. doi: 10.1097/NT.0000000000000092
2. Калькулятор подсчета индекса массы тела, 01.03.19, Режим доступа: <http://ironzen.org/calc-4/>
3. Effects of Body Mass Index and Full Body Kinematics on Tennis Serve Speed, Francis KH Wong, Jackie HK, Keung, Newnan ML Lau, Douglas KS Ng, Joanne WY Chung, Daniel HK Chow, J Hum Kinet. 2014 Mar 27; 40: 21–28., Published online 2014 Apr 9. doi: 10.2478/hukin-2014-0003
4. Официальный сайт ATP, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.atpworldtour.com/en/rankings/singles>
5. Professional tennis is older than it's ever been, Nick Wells, Eric Chemi, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.cnbc.com/2017/01/28/professional-tennis-is-older-than-its-ever-been.html>
6. Bjorn Borg at 27: Retiring Early and Sleeping Well, Jane Leavy, 01.03.19, Режим доступа: [https://www.washingtonpost.com/archive/sports/1983/10/29/bjorn-borg-at-27-retiring-early-and-sleeping-well/a635ec9b-1cf0-47a8-ad5c-cfa34b2f1c60/?noredirect=on&utm\\_term=.15abc0dbe10b](https://www.washingtonpost.com/archive/sports/1983/10/29/bjorn-borg-at-27-retiring-early-and-sleeping-well/a635ec9b-1cf0-47a8-ad5c-cfa34b2f1c60/?noredirect=on&utm_term=.15abc0dbe10b)
7. Edberg calls time on Sweden's golden era, John Roberts, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.independent.co.uk/sport/edberg-calls-time-on-swedens-golden-era-1526578.html>
8. Courier ends career after 12 classy years, John Roberts, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.independent.co.uk/sport/tennis/courier-ends-career-after-12-classy-years-277852.html>
9. Clay-court legend Bruguera retires, 01.03.19, Режим доступа: <http://news.bbc.co.uk/sport2/hi/tennis/1956741.stm>
10. Sampras to retire officially at US Open, Howard Fendrich, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.independent.co.uk/sport/tennis/sampras-to-retire-officially-at-us-open-101371.html>
11. Электронное хранилище теннисной статистики, 01.03.19, Режим доступа: <http://www.tennisabstract.com/cgi-bin/player.cgi?p=AlexanderZverev>
12. Электронное хранилище теннисной статистики, 01.03.19, Режим доступа: <http://www.tennisabstract.com/cgi-bin/player.cgi?p=DominicThiem>
13. Электронное хранилище теннисной статистики, 01.03.19, доступа: <http://www.tennisabstract.com/cgi-bin/player.cgi?p=RafaelNadal>
14. Федерер: с пониманием отношусь к людям, которые называют меня старым, 01.03.19, Режим доступа: <https://www.championat.com/tennis/news-3570725-federer-s-ponimaniem-otnoshus-k-ljudjam-kotorye-nazyvajut-menja-starym.html>
15. Effects of the Tennis Tournament on Players' Physical Performance, Hormonal Responses, Muscle Damage and Recovery, Tuomo Ojala, Keijo Häkkinen, J Sports Sci Med. 2013 Jun; 12(2): 240–248. Published online 2013 Jun 1.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

*Клещиков А.С., Медведев С.А.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Медведев С.А. – к.т.н., доцент*

Прогнозирование погоды является жизненно важной областью в метеорологии и была одним из самых научно и технологически сложных проблем в мире в прошлом веке. В данной статье рассматривается использование методов интеллектуального анализа данных с использованием искусственных нейронных сетей для прогнозирования погодных условий, таких как максимальная температура воздуха, скорость ветра, количества осадков и др.

Основная цель данной статьи – рассмотреть использование искусственных нейронных сетей для задач прогнозирования численных характеристик, таких как температура воздуха, скорость ветра, количество осадков, испарение и другие.

Интеллектуальный анализ данных – это методика поиска новой и потенциально полезной информации из большого количества исходных данных. В отличие от стандартных статистических методов, методы искусственного анализа данных позволяют найти интересную информацию, не требуя априорных гипотез, а вид шаблонов, обнаруженных во время анализа данных, зависит от задач, поставленных в ходе их анализа.

Искусственной нейронной сетью называется динамическая система, состоящая из совокупности связанных между собой по типу узлов направленного графа элементарных процессоров, называемых искусственными или формальными нейронами, и способная генерировать выходную информацию в ответ на входное воздействие. Модель искусственного нейрона состоит из трех элементов: синапсов (входов), каждый из которых характеризуется величиной синаптической связи  $w_i$ , телом нейрона (сумматор) и аксоном (выходом). Данная модель представлена на рисунке 1.